

PROPOSAL TUGAS AKHIR
PRA RANCANG PABRIK TRIACETIN DARI REFINED GLISEROL
DENGAN KATALIS AMBERLYST 15 KAPASITAS 44.000 TON/TAHUN

ACC

4 Maret 2026



DISUSUN OLEH :

WIRA YUDHA

24DM80010

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI

2026

ABSTRAK

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang diharapkan dapat mengganti bahan bakar solar yang saat ini masih sangat banyak digunakan. Gliserol adalah produk samping dari proses produksi biodiesel dari reaksi transesterifikasi. Ketersediaan gliserol di Indonesia sebagai hasil samping biodiesel memberikan peluang strategis untuk mengembangkan industri hilir dengan memanfaatkan sumber daya gliserol yang melimpah, sekaligus menambah nilai ekonomi pada gliserol yang biasanya dijual dengan harga rendah. Salah satu produk turunan gliserol yakni triacetin. Kegunaan triacetin sendiri cukup banyak di kalangan industri, baik industri makanan maupun non makanan. Kegunaan triacetin banyak digunakan sebagai penambah aroma, platisizer, pelarut, bahan aditif bahan bakar untuk mengurangi knocking pada mesin (menaikkan nilai oktan), serta dapat digunakan sebagai zat aditif untuk biodiesel. Permintaan akan triacetin akan terus meningkat dalam 5 – 10% per tahun. Namun, di Indonesia sendiri belum ada yang mengembangkan triacetin ini. Oleh karena itu, pabrik triacetin dirancang dengan kapasitas produksi 44.000 ton per tahun dan waktu operasi 330 hari per tahun. Pendirian pabrik ini bertujuan meningkatkan produksi triacetin dalam negeri, mengurangi impor, serta meningkatkan lapangan kerja. Kawasan industri JIPE, Gresik dipilih karena ketersediaan bahan baku, infrastruktur transportasi, tenaga kerja yang memadai, dan kebijakan pemerintah yang mendukung energi alternatif. Proses produksi dilakukan melalui metode esterifikasi, dengan mereaksikan gliserol dan asam asetat dengan menggunakan katalis amberlyst 15. Produk triacetin hasil reaksi akan dimurnikan menjadi 99% dengan metode distilasi.

Hasil perhitungan analisa ekonomi Pra rancang pabrik triacetin dari *Refined Glycerol* dengan Katalis *Amberlyst-15* yaitu:

IRR : 66.57 %

ROR: 49.38 %

POT : 4,49 tahun

BEP : 45,05 %

Jika dilihat secara keseluruhan, 66.57 % IRR, 45.05 % BEP menunjukkan bahwa pabrik Triacetin layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Pra-rancangan pabrik, Triacetin, Esterifikasi, dan Gliserol

DAFTAR ISI

PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	1
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Tinjauan Pustaka.....	2
1.3.1 Triacetin	2
1.3.2 Katalis Amberlyst 15.....	3
1.3.3 Kegunaan Triacetin di Berbagai Industri	4
1.3.4 Macam-Macam Metode Proses Pembuatan Triacetin.....	5
1.4 Pemilihan Metode Pembuatan Triacetin.....	8
1.5 Penentuan Kapasitas Produksi Pabrik	11
1.5.1 Analisa Permintaan Pasar	11
1.5.2 Analisa Regulasi dan Kebijakan Pemerintah	13
1.5.3 Analisa Ketersediaan Bahan Baku	14
1.6 Pemilihan Lokasi Pabrik.....	16
1.6.1 Faktor Utama	16
1.6.2 Faktor Khusus	19
1.6.3 Perbandingan Lokasi Pabrik	22
BAB II.....	24
URAIAN PROSES	24
2.1 Deskripsi Proses	24
2.1.1 Tahap Reaksi	24
2.1.2 Tahap Pemisahan.....	25
2.1.3 Tahap Pemurnian.....	25
BAB III	27
SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	27

3.1 Spesifikasi Bahan Baku	27
3.1.1 Gliserol.....	27
3.1.2 Asam asetat	27
3.1.3 Katalis Amberlyst 15.....	28
3.2 Spesifikasi Produk Triacetin	29
BAB IV	30
DIAGRAM ALIR KUALITATIF	30
4.1 Diagram Alir Kualitatif.....	30
4.2 PEFD (Process Engineering Flow Diagram	31
BAB V.....	30
NERACA MASSA	30
5.1 Reaktor Esterifikasi (R-01).....	30
5.2 Decanter (DC-01)	31
5.3 Kolom Destilasi (D-01)	32
BAB VI	33
NERACA PANAS.....	33
6.1 Heater Gliserol (H-01)	33
6.2 Heater Asam Asetat (H-02).....	34
6.3 Reaktor Esterifikasi (R-01).....	34
6.4 Pre-Heater (H-03)	35
6.5 Destilasi (D-01)	35
6.6 Cooler (E-316).....	36
6.7 Cooler 2 (C-02).....	36
BAB VII.....	30
SPESIFIKASI ALAT	30
7.1 Storage Gliserol	38
7.2 Pompa	38
7.3 Heater.....	38
7.4 Decanter	39
7.5 Kondensor.....	40
7.6 Akumulator	40
7.7 Reboiler.....	41

7.8 Cooler	41
7.9 Kolom Distilasi	42
7.10 Reaktor Esterifikasi.....	43
BAB VIII	44
UTILITAS.....	44
8.1 Unit Pengadaan Steam.....	44
8.2 Unit Penyedia Air	46
8.3 Unit Pengadaan Listrik	50
8.4 Unit Penyedia Bahan Bakar.....	52
BAB IX	54
LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	54
9.1 Lokasi Pabrik	54
9.2 Tata Letak Pabrik	54
9.2.1 Tata Letak Pabrik	54
9.2.2 Perincian Luas Tanah	55
9.2.3 Tata Letak Pabrik Triacetin	56
9.2.4 Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Triacetin.....	58
BAB X.....	60
ORGANISASI PERUSAHAAN	60
10.1 Dasar Perusahaan.....	60
10.2 Bentuk Perusahaan.....	60
10.3 Struktur Organisasi	61
10.4 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab.....	62
10.5 Sistem Kerja	67
10.6 Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan	69
10.7 Perincian Jumlah Tenaga Kerja	71
10.8 Perincian Jumlah Tenaga Kerja	73
10.9 Keselamatan Kerja.....	74
BAB XI	75
EVALUASI EKONOMI.....	75
11.1 Penentuan Modal Industri (<i>Total Capital Investment, TCI</i>).....	75
11.1.1 Biaya Langsung/ <i>Direct Cost</i>	75

11.1.2 Biaya Tidak Langsung/ <i>Indirect Cost</i>	75
11.1.3 <i>Fixed Capital Investment</i>	76
11.1.4 <i>Work Capital Investment (WCI)</i>	76
11.2 Penentuan Biaya Produksi (<i>Total Production Cost, TPC</i>)	76
11.2.1 Biaya Produksi Langsung/ <i>Direct Production Cost</i>	76
11.2.2 Biaya Tetap/ <i>Fixed Cost</i>	77
11.2.3 Biaya Overhead Pabrik (POC)	77
11.2.4 Biaya Pengeluaran Umum (<i>General Expences/GE</i>).....	77
11.3 Analisa Profitabilitas	77
11.3.1 Laba Perusahaan.....	78
11.3.2 Laju Pengembalian Modal (ROR)	78
11.3.3 Laju Pengembalian Modal/ <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	78
11.3.4 Lama Pengembalian Modal/ <i>Pay Out Time (POT)</i>	79
11.3.5 Titik Impas/ <i>Break Event Point (BEP)</i>	80
BAB XII	82
KESIMPULAN	82
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Gambar Peta KIIC Karawang	18
Gambar 1.2	Gambar Peta JIPE Gresik	18
Gambar 1.3	Gambar Peta Potensi Sesar Gempa Pulau Jawa.....	19
Gambar 4.1	Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Triacetin.....	30
Gambar 4.2	PEFD Proses Pembuatan Triacetin	31
Gambar 5.1	Diagram Alir Reaktor R-01.....	32
Gambar 5.2	Diagram Alir Decanter DC-01	33
Gambar 5.3	Diagram Alir Kolom Destilasi D-01	34
Gambar 6.1	Diagram Alir Neraca Panas Heater Gliserol (H-01)	35
Gambar 6.2	Diagram Alir Neraca Panas Heater Asam Asetat (H-02)	36
Gambar 6.3	Diagram Alir Neraca Panas Reaktor Esterifikasi (R-01)	36
Gambar 6.4	Diagram Alir Neraca Panas Pre-Heater (H-03).....	37
Gambar 6.5	Diagram Alir Neraca Panas Destilasi (D-01)	37
Gambar 6.6	Diagram Alir Neraca Panas Cooler (C-01)	38
Gambar 6.7	Diagram Alir Neraca Panas Cooler (C-02)	38
Gambar 9.1	Peta JIPE.....	56
Gambar 9.2	Tata Letak Pabrik Triacetin	59
Gambar 9.3	Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Triacetin.....	61
Gambar 10.1	Struktur Organisasi	64
Gambar 11.1	Grafik <i>Break Event Point</i> (BEP)	82

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Metode Pembuatan Triacetin	8
Tabel 1.2 Pembobotan Pemilihan Proses Produksi Triacetin.....	10
Tabel 1.3 Data Impor dan Ekspor Triacetin di Indonesia	11
Tabel 1.4 Perbandingan Ketersediaan Bahan Baku Gliserol dan Asam Asetat di Berbagai Perusahaan Indonesia.....	15
Tabel 1.5 Pembobotan Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik Triacetin	22
Tabel 5.1 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-01).....	32
Tabel 5.1 Neraca Massa Decanter (DC-01)	33
Tabel 5.1 Neraca Massa Kolom Destilasi (D-01)	34
Tabel 6.1 Neraca Panas Heater (H-01).....	35
Tabel 6.2 Neraca Panas Heater (H-02).....	36
Tabel 6.3 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi (R-01).....	36
Tabel 6.4 Neraca Panas Pre-Heater (H-03).....	37
Tabel 6.5 Neraca Panas Distilasi (D-01).....	38
Tabel 6.6 Neraca Panas Cooler (C-01)	38
Tabel 6.7 Neraca Panas Cooler (C-02)	39
Tabel 8.1 Kebutuhan steam pada peralatan.....	46
Tabel 8.2 Karakteristik Air Sanitasi	49
Tabel 8.3 Kebutuhan air pendingin pada peralatan.....	51
Tabel 8.4 Total Kebutuhan Air untuk Unit Penyedia Air	52
Tabel 8.5 Pemakaian listrik pada peralatan proses	52
Tabel 8.6 Pemakaian listrik untuk penerangan	53
Tabel 9.1 Pembagian Penggunaan Areal Tanah.....	58
Tabel 10.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift	71
Tabel 10.2 Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Triacetin	73
Tabel 11.1 <i>Total Direct Cost</i>	77
Tabel 11.2 <i>Total Indirect Cost</i>	77
Tabel 11.3 <i>Fixed Capital Investment</i>	78
Tabel 11.4 <i>Direct Production Cost</i>	78
Tabel 11.5 <i>Fixed Cost</i>	79

Tabel 11.6 <i>General Expenses (GE)</i>	79
Tabel 11.7 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	80
Tabel 11.8 <i>Pay Out Time (POT)</i>	81
Tabel 11.9 Biaya FC, VC, SVC, dan S	82
Tabel 11.10 Grafik <i>Break Event Point (BEP)</i>	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.LATAR BELAKANG

Triacetin (glyceryl triacetate) merupakan senyawa ester yang diproduksi melalui reaksi esterifikasi antara gliserol dan asam asetat. Reaksi ini sering dikaji dalam literatur sebagai proses konversi gliserol atau produk samping industri biodiesel menjadi produk bernilai tambah yang memiliki aplikasi luas sebagai *plasticizer*, pelarut industri, aditif makanan, kosmetik, serta bio-aditif bahan bakar untuk meningkatkan nilai oktan dan mengurangi *knocking* pada mesin pembakaran internal. Gliserol sendiri merupakan produk samping dari proses transesterifikasi minyak nabati untuk menghasilkan biodiesel. Secara global dan di Indonesia, peningkatan produksi biodiesel menghasilkan gliserol dalam jumlah besar, yang seringkali masih dalam bentuk kasar (*crude glycerol*) dan perlu dimurnikan sebelum diolah lebih lanjut. Studi ilmiah menunjukkan bahwa gliserol ini dapat diesterifikasi dengan asam asetat melalui katalisis asam atau katalis heterogen untuk menghasilkan triacetin dengan konversi yang bergantung pada rasio reaktan, suhu, dan jenis katalis (Awogbemi, 2025).

Proses produksi triacetin didasarkan pada reaksi esterifikasi yang *reversibel* di mana gliserol dan asam asetat bereaksi membentuk mono, di, dan triacetin, dengan triacetin sebagai produk utama yang bernilai tinggi. Sebagai contoh dalam studi kinetika, rasio molar optimal gliserol ke asam asetat sering dilaporkan sekitar 1:7 untuk menghasilkan konversi yang signifikan di bawah kondisi suhu tertentu dengan katalis asam kuat (Satriadi, 2015).

Kebutuhan triacetin di Indonesia saat ini sebagian besar dipenuhi melalui impor bahan kimia jadi, karena hingga kini belum ada pabrik triacetin skala komersial yang beroperasi di dalam negeri. Dalam konteks pasar global, triacetin juga diproyeksikan tumbuh karena meningkatnya aplikasi di berbagai industri, termasuk sebagai bioaditif pada bahan bakar dan dalam industri makanan dan farmasi (Wardaningrum, 2020).

Ketersediaan gliserol di Indonesia sebagai hasil samping biodiesel memberikan peluang strategis untuk mengembangkan industri hilir yang memanfaatkan

sumber daya internal ini, menambah nilai ekonomi pada gliserol yang biasanya dijual dengan harga rendah atau bahkan sulit dipasarkan jika tidak diproses lebih lanjut. Secara bersamaan, asam asetat sebagai reaktan utama memiliki pasokan yang lebih stabil melalui produksi domestik atau impor, tetapi masih memerlukan pengelolaan rantai pasok yang baik untuk menjamin kontinuitas pasokan bahan baku bagi industri kimia hilir ini. Selain aspek teknis, pertimbangan ekonomi juga penting. Produksi triacetin dari gliserol dan asam asetat dapat memberikan nilai tambah signifikan untuk gliserol sekaligus mengurangi ketergantungan pada impor produk kimia, memperkuat ketahanan rantai pasok nasional industri kimia, dan membuka peluang ekspor produk bernilai tambah jika produksi dalam negeri mencapai skala ekonomi yang kompetitif. Hal ini sejalan dengan strategi pengembangan industri hilir dan hilirisasi bahan baku domestik untuk mendorong pertumbuhan ekonomi berkelanjutan (Awogbemi, 2025).

Dengan dasar tersebut, pendirian pabrik triacetin berbasis gliserol hasil biodiesel dan asam asetat bukan hanya relevan secara teknis tetapi juga potensial dari sudut pandang ekonomi dan kebijakan industri nasional, terutama dalam konteks pemanfaatan sumber daya lokal dan peningkatan nilai tambah industri kimia Indonesia.

1.1 Tujuan

Tujuan pendirian pabrik triacetin ini adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi ketergantungan impor triacetin
2. Meningkatkan produksi dalam negeri
3. Menciptakan lapangan kerja baru

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Triacetin

Triacetin, dikenal secara kimia sebagai *glycerol triacetate*, adalah senyawa ester yang terbentuk melalui reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat (Nuryoto, H., Sulisty, H., Suprihastuti, S., & Sutijan, 2011), yang merupakan produk samping utama industri biodiesel. Dalam proses produksinya, triacetin dihasilkan dengan mengesterifikasi gliserol yang dihasilkan dari biodiesel dengan asam

asetat di bawah kondisi katalitik tertentu. Studi ilmiah menunjukkan bahwa penggunaan katalis heterogen seperti alumina atau silica yang disiapkan dari bahan alam seperti tanah gambut dapat meningkatkan konversi gliserol menjadi triacetin dibandingkan katalis homogen, sehingga memberikan pendekatan yang lebih menguntungkan dalam proses komersial (Yanti, 2019).

Triacetin memiliki beragam aplikasi industri karena sifatnya sebagai ester yang relatif stabil dan larut dalam banyak pelarut organik. Dalam aplikasi *non-food*, triacetin digunakan sebagai pelarut pada parfum, tinta cetak, serta sebagai *plasticizer* untuk resin selulosa, polimer, dan ko-polimer. Selain itu, triacetin juga berfungsi sebagai bahan aditif bahan bakar untuk meningkatkan nilai oktan dan mengurangi fenomena *knocking* pada mesin pembakaran internal (Khairiati, 2016).

Dalam aplikasi *food*, triacetin dimanfaatkan sebagai bahan aditif atau pelarut aroma pada produk makanan seperti permen, minuman berperisa, dan produk olahan tertentu yang memerlukan stabilitas komponen aroma. Kegunaan tersebut menunjukkan bahwa triacetin bukan hanya bahan kimia industri, tetapi juga memiliki peran fungsional dalam formulasi produk konsumen (Satriadi, 2015).

Triacetin juga memiliki peranan penting dalam konteks biofuel *hilir*. Karena triacetin dapat ditambahkan ke biodiesel atau campuran bahan bakar lain untuk meningkatkan kualitas pembakaran. Jadi secara keseluruhan, triacetin merupakan produk kimia bernilai tambah tinggi dengan aplikasi yang luas di berbagai industri, dari makanan dan farmasi hingga bahan bakar dan plastik. Potensi pemanfaatan gliserol yang tersedia dalam jumlah besar dari industri biodiesel menjadikan produksi triacetin sebagai strategi hilirisasi industri kimia yang menarik, terutama bagi negara yang memiliki pasokan bahan baku gliserol yang kuat.

1.2.2 Katalis Amberlyst 15

Amberlyst 15 adalah salah satu jenis katalis asam padat yang sangat populer dalam industri kimia dan sintesis organik. Secara struktural, Amberlyst 15 merupakan resin penukar kation tipe makropori yang berbasis pada kopolimer stirena-divinilbenzena tersulfonasi. Karakteristik utamanya terletak pada gugus fungsi asam sulfonat ($-\text{SO}_3\text{H}$) yang terikat kuat pada kerangka polimernya,

memberikan sifat keasaman yang kuat setara dengan asam sulfat cair, namun dalam bentuk fase padat.

Amberlyst 15 sering digunakan dalam berbagai reaksi penting, seperti esterifikasi, eterifikasi, alkilasi, dan hidrolisis. Dalam industri biodiesel, misalnya, katalis ini berperan penting dalam mengubah asam lemak bebas menjadi ester. Selain itu, dalam sintesis organik halus, ia sering digunakan untuk pemasangan gugus pelindung karena sifatnya yang selektif dan efisien. Pada studi komparatif katalis padat menunjukkan bahwa Amberlyst-15 menampilkan aktivitas katalitik lebih tinggi sekaligus selektivitas yang baik terhadap diasetin dan triasetin dibandingkan banyak katalis padat lain dalam esterifikasi gliserol dengan asam asetat (Zhou, 2013).

Dalam kajian esterifikasi gliserol dengan asam asetat tersebut, Amberlyst-15 menunjukkan performa yang unggul dengan konversi gliserol yang tinggi serta selektivitas produk ester lebih baik pada kondisi reaksi tertentu. Misalnya, penelitian menunjukkan Amberlyst-15 dapat mencapai konversi gliserol hingga hampir 97 % dengan selektivitas terhadap diasetin dan triasetin yang signifikan, bergantung pada rasio molar asam asetat terhadap gliserol dan kondisi operasi lainnya. Keunggulan lain dari Amberlyst-15 adalah sifat heterogennya, yaitu katalis berada dalam fase padat sementara reaktan berada dalam fase cair. Hal ini memudahkan pemisahan katalis setelah reaksi selesai dan memungkinkan penggunaan ulang katalis dalam beberapa siklus reaksi, yang penting bagi operasi skala industri. Amberlyst-15 juga lebih aman dan ramah lingkungan dibandingkan katalis homogen seperti asam sulfat karena minim risiko korosi dan limbah asam (Pei, 2016).

1.2.3 Kegunaan Triacetin di Berbagai Industri

1. Industri Makanan dan Minuman; sebagai bahan tambahan pangan (*food additive*), terutama sebagai pelarut dan pembawa (*carrier*) untuk perisa dan zat aditif makanan. Senyawa ini membantu meningkatkan stabilitas aroma serta memperpanjang umur simpan produk. Triacetin juga berfungsi sebagai humektan, yaitu menjaga kelembapan pada produk makanan tertentu seperti permen, roti, dan produk bakery. Karena sifatnya yang relatif aman pada dosis

tertentu, triacetin telah diizinkan penggunaannya dalam industri pangan di berbagai negara.

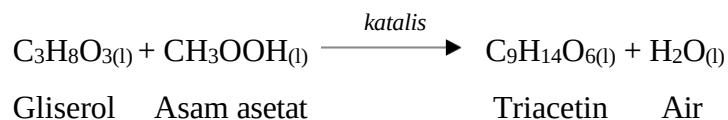
2. Industri Farmasi; sebagai pelarut zat aktif obat dan bahan pembantu dalam formulasi tablet, kapsul, dan sediaan cair. Triacetin berfungsi meningkatkan kelarutan senyawa aktif serta membantu pengontrolan pelepasan obat (*controlled release*). Selain itu, triacetin digunakan sebagai *plasticizer* pada lapisan film tablet untuk meningkatkan fleksibilitas dan mencegah retak.
3. Industri Kosmetik dan *Personal Care*; sebagai pelarut, humektan, dan bahan pembawa pada produk kosmetik seperti parfum, lotion, krim, dan deodorant. Sifatnya yang tidak berwarna, tidak berbau menyengat, dan stabil menjadikannya ideal sebagai bahan formulasi kosmetik. Triacetin juga membantu meningkatkan daya sebar produk dan memberikan efek lembut pada kulit.
4. Industri Plastik dan Polimer; sebagai *plasticizer* untuk resin selulosa, seperti selulosa asetat. Penambahan triacetin meningkatkan fleksibilitas, elastisitas, dan ketahanan mekanik produk plastik. Aplikasi ini umum ditemukan pada film plastik, lapisan pelindung, dan bahan kemasan khusus.
5. Industri Bahan Bakar dan Energi; sebagai aditif bahan bakar, terutama pada biodiesel dan bensin. Penambahannya dapat meningkatkan nilai oktan, memperbaiki kualitas pembakaran, serta mengurangi gejala *knocking* pada mesin. Triacetin juga membantu meningkatkan stabilitas bahan bakar dan efisiensi energi.
6. Industri Kimia dan Pelarut; sebagai pelarut industri dalam pembuatan tinta cetak, perekat, dan pelapis (*coating*). Sifat pelarutannya yang baik serta kestabilan kimianya membuat triacetin cocok untuk berbagai proses formulasi kimia. Triacetin juga adalah sebagai plasticizer (pelembut) pada serat filter rokok

1.2.4 Macam-Macam Metode Proses Pembuatan Triacetin

Triacetin adalah senyawa ester dari sisa produk samping pembuatan biodiesel, digunakan sebagai pelarut, bahan bakar, serta dalam industri farmasi, makanan dan minuman. Formula kimianya adalah $C_9H_{14}O_6$. Berikut macam-macam metode proses pembuatan triacetin yang diketahui sebagai berikut.

1. Metode Esterifikasi Langsung

Metode esterifikasi merupakan pendekatan paling umum dalam sintesis triacetin, di mana gliserol direaksikan dengan asam asetat dalam kehadiran katalis asam (misalnya resin katalis atau asam sulfat) untuk menghasilkan triacetin melalui tiga tahapan berturut-turut: monoacetin $\rightarrow$ diacetin $\rightarrow$ triacetin. Reaksi utama dapat ditulis secara umum sebagai:

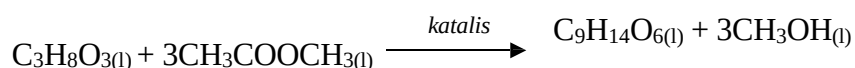


Reaksi ini bersifat reversibel dan menghasilkan air sebagai produk samping, sehingga sering dilakukan dengan excess asam asetat dan penggunaan katalis untuk mendorong arah reaksi ke produk akhir. Reaktor dan kolom distilasi dapat digunakan untuk meningkatkan konversi dengan cara terus-menerus menghilangkan air dari sistem. Studi kinetika menegaskan bahwa rasio molar gliserol dan asam asetat, serta katalis, sangat mempengaruhi konversi gliserol dan yield triacetin. Metode ini cocok untuk proses industri skala menengah ke besar dan umumnya dipilih ketika asam asetat lebih murah atau lebih mudah diperoleh dibandingkan *acetic anhydride* (Satriadi, 2015).

- Reaktan : gliserol dan asam asetat
- Produk : triacetin dan air
- Agen reaksi : asam sulfat, Amberlyst-15, resin sulfonat
- Kondisi operasi Suhu : 90-120 °C
- Tekanan : atmosfer

2. Metode Transesterifikasi

Metode transesterifikasi biasanya dikenal dalam konteks produksi biodiesel, tetapi dalam sintesis triacetin dapat diaplikasikan ketika menggunakan ester lain sebagai donor kelompok asetat yang bereaksi dengan gliserol. Transesterifikasi umumnya melibatkan pertukaran gugus alkil antara dua ester dengan bantuan katalis asam atau basa. Secara umum, bila menggunakan *methyl acetate* ($\text{CH}_3\text{COOCH}_3$) atau *ethyl acetate* ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$) sebagai donor asetat, reaksi transesterifikasi dapat berjalan seperti:



Gliserol

Etil asetat

Triacetin

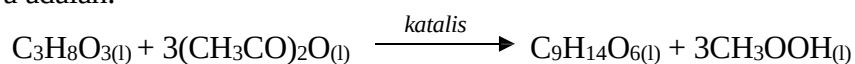
Metanol

Dalam kasus ini, triacetin terbentuk melalui pertukaran gugus ester dengan alkohol yang dihasilkan sebagai produk samping (misal metanol atau etanol). Pendekatan ini bisa menjadi alternatif saat asetilasi langsung kurang efisien atau saat penerapan katalis khusus mampu mendorong reaksi transesterifikasi secara selektif. Namun, literatur industri mengindikasikan bahwa modifikasi transesterifikasi dengan katalis heterogen atau keadaan operasi tertentu masih terus diteliti untuk efisiensi produksi triacetin yang lebih tinggi (Malaika, 2023).

- Reaktan : gliserol + Ester asetat (mis. metil asetat / etil asetat)
- Produk : triacetin dan alkohol
- Katalis : Katalis asam atau basa (H_2SO_4 , NaOH , KOH , resin)
- Kondisi operasi :
Suhu : 60-100 °C
Tekanan : atmosfer

3. Metode Asetilasi dengan Anhidrida Asetat

Metode asetilasi menggunakan *acetic anhydride* ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$) merupakan rute alternatif yang dapat memberikan selektivitas lebih tinggi ke triacetin karena anhidrat asetat adalah donor asetil yang lebih reaktif daripada asam asetat. Reaksinya adalah:



Gliserol Anhidrat asetat

Triacetin Asam asetat Dalam

reaksi ini, asam asetat dihasilkan sebagai produk samping dari penguraian *acetic anhydride*, yang kemudian harus dipisahkan dalam proses pemurnian. Metode asetilasi ini sering kali menghasilkan konversi yang lebih cepat dan dapat bekerja pada temperatur reaksi lebih rendah, karena *acetic anhydride* lebih aktif secara kimia dibandingkan asam asetat. Beberapa studi simulasi proses menunjukkan bahwa penggunaan *acetic anhydride* meningkatkan *yield* triacetin, meskipun secara ekonomi seringkali lebih mahal karena harga bahan baku anhidrat asetat lebih tinggi (dos Santos, 2024).

- Reaktan : gliserol dan anhidrat asetat

- Produk : triacetin dan asam asetat
- Katalis : asam kuat (H_2SO_4) atau tanpa katalis
- Kondisi operasi :
Suhu : 25-70 °C
Tekanan : atmosfer (dos Santos, 2024).

1.3 Pemilihan Metode Pembuatan Triacetin

Secara umum metode pembuatan triacetin dibagi menjadi 3 metode, yaitu menggunakan metode esterifikasi, transesterifikasi, dan asetilasi dengan anhidrat asetat. Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Tabel 1.1 Perbandingan Metode Pembuatan Triacetin

Parameter	Metode Esterifikasi	Metode Transesterifikasi	Metode Asetilasi
Bahan Baku	Gliserol + Asam asetat	Gliserol + Ester asetat (mis. metil asetat / etil asetat)	Gliserol + Anhidrat asetat
Proses Umum	Esterifikasi pembentukan triacetin	Esterifikasi pembentukan triacetin dan alcohol	Reaksi pembentukan triacetin dengan gliserol dan anhidrat asetat
Kondisi Operasi	T : 90–120 °C P : Atmosfer	T : 60–100 °C P : Atmosfer	T : 25–70 °C P : Atmosfer
Kebutuhan Energi	Rendah	Rendah	Rendah
Produk Samping	Air (H ₂ O), monoacetin, diacetin	Alkohol (metanol/etanol), mono- & diacetin	Asam asetat
Skalabilitas	Skala kecil menengah	Skala kecil menengah	Skala kecil menengah
Dampak Lingkungan	Kecil	Kecil	Kecil

Parameter	Metode Esterifikasi	Metode Transesterifikasi	Metode Asetilasi
Investasi Awal	Rendah menengah	Rendah menengah	Lebih mahal

Jenis Reaktor	<i>Multi fixed tube reactor</i>	<i>Multi fixed tube reactor</i>	<i>Multi fixed tube reactor</i>
---------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Berdasarkan tabel perbandingan metode pembuatan triacetin tersebut diatas, terlihat kelebihan dan kekurangan masing-masing metode. Namun untuk pemilihan metode produksi triacetin memerlukan analisis komparatif berdasarkan sejumlah parameter kritis yang memengaruhi kelayakan teknis, efisiensi proses, biaya, dan keberlanjutan lingkungan. Metode pembobotan digunakan untuk memberikan nilai relatif terhadap pentingnya masing-masing parameter, sementara metode skoring digunakan untuk menilai performa masing-masing alternatif metode produksi terhadap parameter tersebut.

Bobot ditentukan berdasarkan tingkat pengaruh tiap parameter terhadap keberhasilan jangka panjang proses produksi triacetin. Misalnya, ketersediaan bahan baku memiliki bobot tertinggi karena menjadi penentu utama kontinuitas proses, sedangkan dampak lingkungan dan keberlanjutan juga mendapatkan bobot signifikan seiring meningkatnya perhatian terhadap aspek lingkungan.

Pemberian skor 1–5 dalam tabel pembobotan metode esterifikasi *versus* transesterifikasi dan *versus* asetilasi anhidrat sangat penting untuk menjelaskan mengapa suatu metode diberi skor tertentu pada tiap parameter. Skor ini merepresentasikan seberapa baik performa atau kesesuaian metode tersebut terhadap tiap parameter, berdasarkan data teknis, literatur ilmiah, dan logika industri.

Skala 1-5 dengan arti:

- 5 = Sangat baik/sangat sesuai (Sangat optimal untuk parameter tersebut, cocok secara teknis dan ekonomis)
- 4 = Baik (Umumnya cocok dan layak, meskipun ada beberapa tantangan teknis kecil)
- 3 = Cukup (Dapat diterapkan, tapi perlu modifikasi/penyesuaian signifikan)

- 2 = Kurang sesuai (Banyak kendala teknis, operasional, atau ekonomis untuk diterapkan secara efisien)
- 1 = Tidak sesuai (Hampir tidak bisa diterapkan atau tidak cocok sama sekali dengan parameter dimaksud)

Tabel 1.2 Pembobotan Pemilihan Proses Produksi Triacetin

Parameter	Bobot (%)	Skor (1-5)			Nilai (bobot x skor)		
		Esterifikasi	Trans esterifikasi	Asetilasi	Esterifikasi	Trans esterifikasi	Asetilasi
Ketersediaan Bahan Baku	20	4	3	2	0,8	0,6	0,4
Proses Operasi	15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
Efisiensi Proses	15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Investasi Awal	10	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Biaya Operasional	15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
Keberlanjutan (<i>sustainability</i>)	15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
Dampak Lingkungan	10	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Total	100	31	26	25	4,15	3,7	3,5

Berdasarkan total nilai tertimbang, metode esterifikasi memiliki skor lebih tinggi (4,15) dibandingkan dengan metode lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa untuk bahan baku gliserol dan asam asetat, metode esterifikasi lebih unggul dalam hal efisiensi bahan baku, keberlanjutan, biaya, dan dampak lingkungan, serta lebih sesuai dengan kondisi lokal dan teknologi yang tersedia. Maka pra rencana pabrik

triacetin akan menggunakan metode esterifikasi dengan menggunakan katalis resin amberlyst 15 menjadi pilihan yang layak dan ekonomis serta lebih efisien

1.4 Penentuan Kapasitas Produksi Pabrik

Menentukan kapasitas perancangan suatu pabrik adalah langkah krusial karena akan memengaruhi aspek teknis, ekonomis, dan operasional di masa depan. Berikut adalah beberapa pertimbangan utama yang perlu diperhatikan:

1.4.1 Analisa Permintaan Pasar

Kapasitas produksi perlu direncanakan untuk mendirikan suatu pabrik. Jumlah ini dapat mengatasi permintaan kebutuhan triacetin di dalam negeri dan juga kebutuhan dunia. Perkiraan kapasitas produksi dapat ditentukan menurut nilai konsumsi setiap tahun dengan melihat perkembangan industri dalam kurun waktu berikutnya. Direncanakan pabrik akan berdiri pada tahun 2030. Pada produksi ini, data yang digunakan adalah data impor dan ekspor dari tahun 2021-2025 pada Data Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Berikut data impor ekspor triacetin dari tahun 2021-2025 sebagai berikut.

Tabel 1.3 Data Impor Triacetin di Indonesia

No	Tahun	Impor (ton/tahun)	Pertumbuhan Impor (%)
1	2021	27.631,25	-
2	2022	28.563,44	3.37
3	2023	26.711,14	-6.48
4	2024	153.835,64	475.92
5	2025	69.937,09	-54.54
Total kenaikan Impor			418.27
Rata-rata kenaikan impor			104.57

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Dari data impor ekspor pada **Tabel 1.1** tersebut dapat diperkirakan penggunaan triacetin pada tahun 2030 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Perhitungan CAGR , dimana :

$$\begin{aligned}\text{Nilai awal (2021)} &= 27.631,25 \text{ ton} \\ \text{Nilai akhir (2025)} &= 69.937,09 \text{ ton} \\ \text{Periode (n)} &= 4 \text{ tahun (2021} \rightarrow \text{2025)} \\ \text{CAGR} &= (69.937,09 / 27.631,02)^{1/4} - 1 \\ &= 26.1\%\end{aligned}$$

Proyeksi import di tahun 2030

$$M = P (1+i)^n$$

Dimana :

M = jumlah kapasitas pada tahun x (ton/tahun)

P = jumlah kapasitas pada tahun y (ton/tahun)

i = rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = jangka waktu pabrik berdiri ($n_2 - n_1$) = 5 - 10 tahun

Sehingga data kebutuhan triacetin di Indonesia, maka dapat diperkirakan kapasitas impor ekspor triacetin pada tahun 2030 adalah

$$\begin{aligned}M_{\text{impor}} &= P (1 + i)^n \\ &= 69.937 (1 + (0.26))^5 \\ &= 219.600 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan tabel data impor di atas, serta berdasarkan hasil perhitungan untuk memperkirakan kebutuhan triacetin beberapa tahun yang akan datang, Maka didapatkan perkiraan kebutuhan triacetin Indonesia tahun 2030 yaitu sebesar 219.600 ton/tahun. Penentuan kapasitas pabrik baru sebesar 20% dari peluang kapasitas tahun 2030 yaitu 43.920 Ton/Tahun atau sebesar 44.000 Ton/Tahun.

Nilai impor triacetin Indonesia tampaknya naik dan turun dari tahun ke tahun, seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 1.3** data impor dan proyeksi nilai impor untuk beberapa tahun ke depan yang telah dituliskan di atas. Naik turunnya nilai impor menunjukkan bahwa kebutuhan akan triacetin terus berubah-ubah setiap tahun. Berikut adalah beberapa faktor-faktor penyebab naik dan turun nilai impor ekspor triacetin tersebut.

1. Permintaan pengguna dari industri, triacetin digunakan pada industri makanan dan minuman (sebagai aditif), farmasi, kosmetik, rokok (plasticizer filter), serta bahan bakar dan kimia khusus. Ketika sektor-sektor ini tumbuh, nilai impor cenderung meningkat, sebaliknya perlambatan industri akan menurunkannya.
2. Ketersediaan dan harga bahan baku seperti gliserol dan asam asetat di pasar global. Fluktuasi harga bahan baku, yang sering dipengaruhi oleh harga minyak nabati dan petrokimia, akan berdampak langsung pada harga triacetin internasional sehingga memengaruhi nilai perdagangan.
3. Kondisi produksi dalam negeri, di negara yang belum memiliki produsen triacetin komersial, kebutuhan domestik sangat bergantung pada impor. Jika muncul rencana substitusi impor atau pasokan alternatif, volume dan nilai impor dapat berfluktuasi.
4. Faktor perdagangan internasional, seperti nilai tukar mata uang, kebijakan tarif, regulasi impor, dan gangguan rantai pasok global. Pelemahan mata uang domestik akan menaikkan nilai impor dalam satuan rupiah meskipun volumenya tetap.
5. Kondisi ekonomi global dan kejadian eksternal, seperti pandemi, konflik geopolitik, atau gangguan logistik, juga memicu ketidakstabilan pasokan dan harga. Kombinasi faktor-faktor inilah yang menyebabkan nilai ekspor dan impor triacetin berfluktuasi dari waktu ke waktu.

1.4.2 Analisa Regulasi dan Kebijakan Pemerintah

Analisis regulasi dan kebijakan pemerintah terkait kebutuhan *triacetin* di Indonesia mencerminkan landasan kebijakan industri kimia nasional yang lebih luas, meskipun belum ada aturan spesifik yang mengatur triacetin secara tersendiri. Pemerintah melalui Kementerian Perindustrian (Kemenperin) menekankan pentingnya hilirisasi industri petrokimia untuk mengurangi ketergantungan impor bahan baku kimia dan memperkuat rantai pasok domestik. Strategi ini selaras dengan target peningkatan kontribusi industri terhadap PDB dan pertumbuhan ekonomi, termasuk dukungan kebijakan investasi di sektor hulu hingga hilir petrokimia (Riyan, 2025).

Namun, kebijakan perdagangan dan impor juga memainkan peran penting. Contohnya, pemerintah Indonesia baru-baru ini melonggarkan aturan impor

berbagai barang termasuk bahan kimia tertentu untuk mendukung perdagangan dan investasi, yang berdampak pada dinamika pasokan bahan baku. Langkah ini diharapkan menarik investasi, tetapi juga mempengaruhi industri kimia nasional yang masih bergantung pada bahan impor. Peraturan Menteri Perdagangan, seperti Permendag No. 8/2024, menunjukkan upaya pemerintah dalam mengatur kebijakan impor bahan kimia dan komoditas terkait, namun perubahan cepat dalam regulasi ini sempat menurunkan minat investasi karena ketidakpastian yang dihadapi pelaku industri (Jonathan, 2025).

Selain itu, kebijakan fiskal dan perlindungan industri seperti *insentif fiskal*, *trade remedies*, serta penyesuaian tarif impor diusulkan oleh DPR untuk memberikan kepastian hukum dan daya saing bagi industri dasar dan kimia. Secara keseluruhan, kebijakan pemerintah menekankan kepastian regulasi, kemudahan investasi, penguatan industri dalam negeri, dan manajemen impor untuk mengembangkan sektor kimia dan memenuhi kebutuhan bahan baku industri seperti triacetin, meskipun implementasi yang konsisten tetap menjadi tantangan.

1.4.3 Analisa Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan gliserol di Indonesia dipengaruhi oleh produksi biodiesel, karena gliserol merupakan produk samping utama dari proses transesterifikasi minyak nabati menjadi biodiesel. Industri biodiesel di Indonesia terus tumbuh seiring kebijakan pemerintah yang meningkatkan mandatori campuran biodiesel di bahan bakar (misalnya B40) untuk mengurangi ketergantungan pada diesel fosil dan mendukung penggunaan sumber energi terbarukan. Kebijakan ini diperkirakan meningkatkan volume gliserol sebagai produk samping karena gliserol diproduksi sekitar 10% dari produksi biodiesel secara global dan di Indonesia target biodiesel mencapai jutaan kiloliter per tahun, yang berarti gliserol dalam jumlah besar tersedia untuk pemanfaatan industri kimia hilir.

Namun, dinamika pasar menunjukkan fluktuasi ketersediaan gliserol karena beberapa faktor: ketersediaan bahan baku minyak sawit, palm oil, dan permintaan global untuk gliserol dari sektor farmasi dan kosmetik. Beberapa laporan pasar global menyoroti bahwa penurunan produksi biodiesel atau perubahan kebijakan biodiesel dapat membatasi pasokan gliserol domestik,

sementara permintaan di luar negeri juga menekan pasokan lokal sekaligus mendorong harga naik (Timothy, 2025).

Sementara itu, asam asetat di Indonesia diproduksi oleh beberapa pabrik kimia domestik seperti PT Indo Acidatama Tbk, yang telah beroperasi puluhan tahun memproduksi asam asetat dan etil asetat untuk berbagai industri domestik (agro, farmasi, kimia dasar). Kapasitas produksi asam asetat domestik meskipun cukup signifikan, sering kali masih kurang untuk memenuhi semua permintaan industri sehingga beberapa volume tetap harus dilengkapi oleh impor dari produsen regional/global. Ini menunjukkan bahwa pasar lokal masih bergantung pada pasokan luar negeri untuk asam asetat bila permintaan tinggi atau produksi lokal tidak cukup (Ravi, 2025).

Tabel 1.4 Perbandingan Ketersediaan Bahan Baku Gliserol dan Asam Asetat di Berbagai Perusahaan Indonesia

Bahan Baku	Sumber/Perusahaan	Status Ketersediaan
<i>Glycerine</i> (Indonesia)	Produk samping biodiesel (industri biodiesel nasional)	Volume besar tersedia sebagai produk samping; pasokan tergantung pada produksi biodiesel dan harga palm oil internasional
<i>Glycerine refining</i> – LDC	Louis Dreyfus Company Lampung (perluasan fasilitas)	Ekspansi fasilitas menunjukkan peningkatan produksi gliserol terrefining domestik
Asam Asetat (Indonesia)	PT Indo Acidatama Tbk	Produsen domestik asam asetat, menyediakan bahan kimia dasar untuk industri lokal
Asam Asetat Impor	Produsen global (China, Asia)	Pasokan tambahan ketika produksi domestik tidak mencukupi (impor umum untuk kimia industri) <i>indikatif</i>

Secara keseluruhan, ketersediaan bahan baku gliserol di Indonesia bisa mendukung potensi produksi triacetin, namun pasokan asam asetat domestik perlu

diperkuat atau didukung oleh impor untuk menjamin kontinuitas produksi jika pabrik triacetin berdiri. Implikasi ini penting untuk perencanaan investasi dan rantai pasok industri kimia hilir di dalam negeri.

Secara umum juga, upaya peningkatan kapasitas asam asetat domestik melalui investasi pabrik baru dan kontrak jangka panjang diharapkan dapat menstabilkan ketersediaan bahan baku asam asetat di Indonesia, sekaligus mengurangi tekanan pada neraca perdagangan akibat impor bahan baku.

Berdasarkan beberapa pertimbangan di atas, untuk memenuhi kebutuhan triacetin Indonesia pada tahun 2030. Maka akan diambil 20% dari kapasitas produksi dari analisa permintaan pasar dikarenakan masih belum ada perusahaan/pabrik yang memproduksi triacetin di Indonesia (Wardaningrum, 2020). Sehingga kapasitas produksi pabrik triacetin diperoleh sebesar 43.920 ton/tahun. Maka diputuskan bahwa kapasitas pabrik triacetin yang akan dibangun pada tahun 2030 sebesar 44.000 ton/tahun.

1.5 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri pada saat sekarang dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan pertimbangan beberapa faktor serta pertimbangan sosiologi dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Oleh karena itu, lokasi pabrik merupakan faktor yang tidak terpisahkan untuk menjadi sangat ekonomis dan menguntungkan. Hal ini akan menentukan lancar atau tidaknya operasi pabrik yang bersangkutan. Beberapa faktor yang dianggap penting dalam penentuan lokasi sebagai berikut.

1.5.1 Faktor Utama

1. Penyediaan bahan baku

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah :

- Letak sumber bahan baku
- Kapasitas sumber bahan baku
- Kualitas bahan baku yang ada

- Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutannya

2. Pemasaran

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai daerah pemasaran adalah :

- Dimana hasil produksi akan dipasarkan
- Kemampuan daya serap pasar dan prospek pasar dimasa yang akan datang
- Pengaruh persaingan yang ada
- Jarak daerah pemasaran dan cara mencapai daerah tersebut

3. Tenaga listrik dan bahan bakar

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Ada atau serta jumlah tenaga listrik
- Kemungkinan pengadaan listrik dan bahan bakar
- Harga listrik dan bahan bakar
- Kemungkinan pengadaan listrik dari PLN (Pusat Listrik Negara)
- Sumber bahan bakar

4. Persediaan air

Air dapat diperoleh dari beberapa sumber, yaitu :

- Dari air sungai/sumber air
- Dari air kawasan industri
- Dari perusahaan air minum (PDAM)

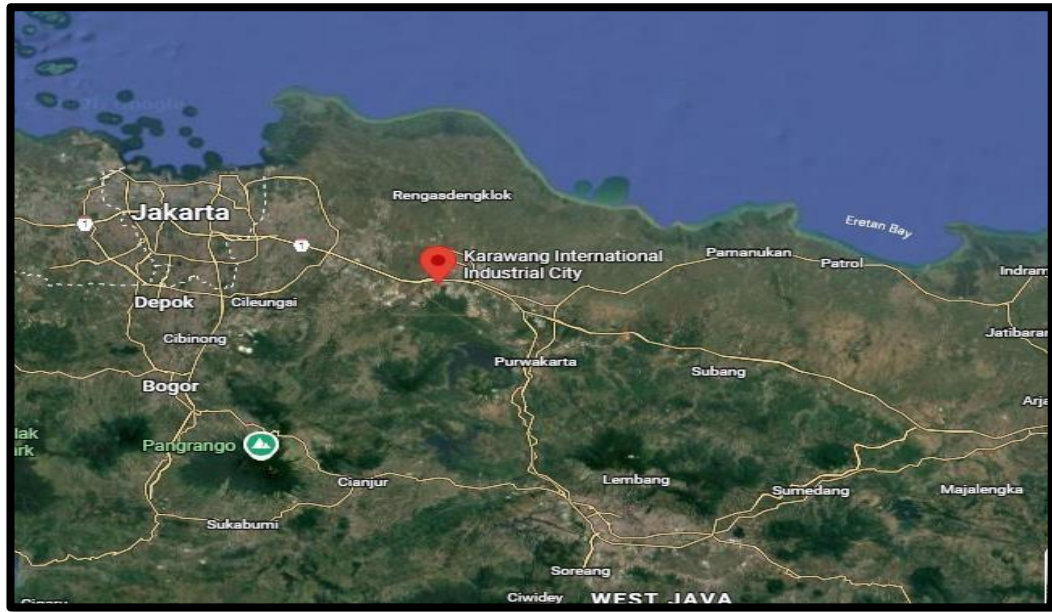
Jika kebutuhan air cukup besar, pengambilan air sumber/air sungai lebih ekonomis. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sumber air :

- Kemampuan sumber air untuk memenuhi kebutuhan pabrik
- Kualitas air yang tersedia
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan air

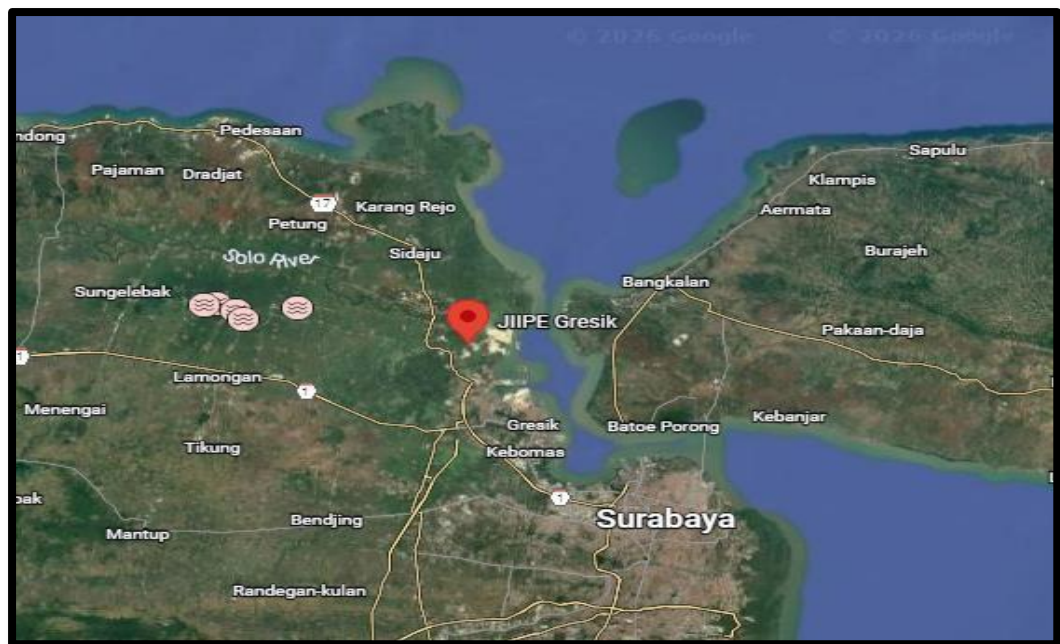
5. Iklim

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Keadaan alam yang mempengaruhi tinggi rendahnya investasi untuk konstruksinya
- *Humidity* dan temperatur udara
- Adanya badai, topan, dan gempa bumi



Gambar 1.1 Peta KIIC Karawang



Gambar 1.2 Peta JIPE



Gambar 1.3 Peta Potensi Gempa di Pulau Jawa

1.5.2 Faktor Khusus

1. Transportasi

Yang harus diperhatikan dalam hal ini adalah pengangkutan bahan baku, bahan bakar, dan produk yang dihasilkan, berkaitan dengan fasilitas-fasilitas yang ada, yaitu :

- Jalan raya
- Sungai dan laut yang dapat dilalui oleh kapal pengangkut
- Pelabuhan yang ada

2. Tenaga kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Mudah/sukarnya mendapatkan tenaga kerja disekitar pabrik
- Tingkat penghasilan tenaga kerja didaerah itu
- Perburuhan dan serikat buruh

3. Peraturan dan perundang-undangan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah industri
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri yang ada didaerah tersebut

4. Karakteristik Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Susunan tanah, daya dukung terhadap pondasi bangunan pabrik, kondisi pabrik
- Kondisi jalan, serta pengaruh air
- Penyediaan dan fasilitas tanah untuk perluasan atau unit baru
- Harga tanah

5. Faktor lingkungan

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Fasilitas tempat tinggal dan biaya hidup.
- Fasilitas perumahan, sekolah, poliklinik, dan tempat ibadah
- Adat istiadat / kebudayaan di daerah sekitar lokasi pabrik

6. Pembuangan limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh unit buangan pabrik berupa gas, cair, maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Berdasarkan faktor-faktor diatas maka pabrik triacetin dari gliserol dan asam asetat di Indonesia akan direncanakan berlokasi di kawasan antara industri KIIC Karawang, Jawa Barat dan JIPE Gresik, Jawa Timur dengan mempertimbangkan alasan atau dasar pemilihan lokasi tersebut sebagai berikut.

1. Ketersediaan bahan baku

Penyediaan bahan baku triacetin di KIIC Karawang didukung oleh kedekatan kawasan ini dengan pelabuhan Tanjung Priok sebagai pintu masuk utama bahan kimia impor. Gliserol murni dapat dipasok dari industri biodiesel dan oleokimia di Jawa Barat dan sekitarnya, sedangkan asam asetat dapat diperoleh melalui impor atau distribusi dari produsen domestik. Infrastruktur kawasan industri yang memadai memungkinkan penyimpanan bahan baku cair secara aman dan berkesinambungan. Kondisi ini menjadikan KIIC cukup andal dalam menjamin kontinuitas pasokan bahan baku pabrik triacetin.

Sedangkan JIPE Gresik juga memiliki keunggulan signifikan dalam penyediaan bahan baku triacetin karena berdekatan dengan pusat industri oleokimia dan biodiesel di Jawa Timur. Gliserol sebagai produk samping biodiesel

tersedia dalam jumlah besar dari kawasan industri sekitar Gresik dan Surabaya. Selain itu, akses langsung ke pelabuhan laut dalam memudahkan pengadaan asam asetat dari dalam maupun luar negeri. Integrasi kawasan industri dan pelabuhan menjamin efisiensi pasokan bahan baku serta mendukung operasi pabrik triacetin secara berkelanjutan.

2. Pendistribusian transportasi

Distribusi produk triacetin dari KIIC Karawang didukung oleh jaringan transportasi darat yang sangat baik, terutama akses langsung ke jalan tol Jakarta–Cikampek. Untuk pasar ekspor, produk dapat dikirim melalui Pelabuhan Tanjung Priok dengan waktu tempuh yang relatif singkat. Sedangkan JIPE Gresik menawarkan keunggulan distribusi melalui pelabuhan terintegrasi yang berada di dalam kawasan industri JIPE, sehingga produk dapat langsung diekspor tanpa memerlukan transportasi tambahan ke pelabuhan lain. Selain jalur laut, akses darat melalui jalan nasional dan tol Trans-Jawa memudahkan distribusi ke wilayah Jawa Timur maupun luar Jawa Timur. Kondisi ini menjadikan JIPE sangat kompetitif sebagai lokasi industri yang berorientasi ekspor dan distribusi regional.

3. Ketersediaan utilitas air dan listrik

Kebutuhan air di KIIC Karawang dapat dipenuhi melalui sistem penyediaan air industri terpusat yang telah tersedia di kawasan. Pasokan listrik disediakan oleh jaringan PLN industri dengan kapasitas besar dan stabil. Selain itu, kawasan KIIC juga memiliki fasilitas pengolahan limbah terpadu. Sedangkan JIPE Gresik menyediakan air industri yang dipasok melalui sistem pengolahan air kawasan yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan industri kimia. Pasokan listrik berasal juga dari jaringan PLN serta pembangkit listrik kawasan, sehingga menjamin keandalan energi.

4. Pemasaran dan tenaga kerja

Pemasaran dari KIIC Karawang sangat potensial karena dekat dengan pusat industri nasional dan pasar terbesar di Indonesia terutama di wilayah Jabodetabek. Selain pasar domestik, lokasi ini juga mendukung ekspor melalui pelabuhan internasional, sehingga meningkatkan daya saing produk di pasar global. Sedangkan JIPE Gresik memiliki posisi strategis untuk pemasaran ke kawasan industri Jawa Timur dengan akses jalan tol trans Jatim dan luar Jawa lebih mudah

dengan diakses pelabuhan kawasan sehingga mendukung ekspor ke pasar Asia dan regional.

Dari segi tenaga kerja, Kawasan KIIC Karawang memiliki ketersediaan tenaga kerja yang besar dan beragam karena lokasinya yang dekat dengan Jakarta dan pusat pendidikan di Jawa Barat memudahkan perekrutan tenaga kerja terampil. Sedangkan JIPE Gresik didukung oleh tenaga kerja dari wilayah Gresik, Surabaya, dan sekitarnya yang telah terbiasa bekerja di industri kimia, petrokimia, dan oleokimia

1.5.3 Perbandingan Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi paling ideal bagi pembangunan pabrik triacetin, diperlukan analisis komprehensif terhadap sejumlah parameter penentu kelayakan. Penilaian ini mencakup aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan administratif seperti ketersediaan bahan baku, akses distribusi transportasi, ketersediaan utilitas air dan listrik, ketersediaan tenaga kerja dan pemasaran. Masing-masing parameter diberikan bobot dan skor untuk menghasilkan total nilai yang mencerminkan kelayakan relatif dari masing-masing lokasi. Tabel berikut menyajikan hasil penilaian scoring terhadap dua lokasi di kawasan industri KIIC Karawang, Jawa Barat dan kawasan industri JIPE Gresik, Kabupaten Jawa Timur.

Tabel 1.5 Pembobotan Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik Triacetin

Parameter	Bobot (%)	kawasan industri KIIC Karawang	kawasan industri JIPE Gresik
Ketersedian bahan baku	20	18	20
Sarana distribusi transportasi	20	15	15
Ketersedian utilitas air dan listrik	20	15	20
Pemasaran dan tenaga kerja	20	20	18
Letak Geografis	20	20	20
Total	100	88	93

Berdasarkan **Tabel 1.5** pembobotan pemilihan lokasi dipilihlah untuk lokasi pembangunan pabrik triacetin di kawasan industri JIPE, Kabupaten Gresik-Jawa Timur dengan nilai bobot 93% dengan parameter ketersediaan bahan baku, akses distribusi transportasi, ketersediaan utilitas air dan listrik, ketersediaan tenaga kerja dan pemasaran.

BAB II

URAIAN PROSES

2.1 Deskripsi Proses

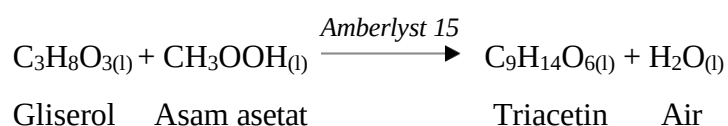
Proses produksi triacetin dari bahan baku gliserol dan asam asetat dengan katalis amberlyst 15 melalui metode esterifikasi (souza,2017) terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu:

1. Tahap reaksi
2. Tahap pemisahan
3. Tahap pemurnian

Adapun uraian proses pembuatan triacetin dari gliserol dan asam asetat dengan katalis amberlyst 15 melalui metode esterifikasi dari tahapan-tahapan tersebut sebagai berikut.

2.1.1 Tahap Reaksi

Proses pembuatan triacetin diawali dengan mereaksikan kedua bahan baku yaitu gliserol dan asam asetat. Diketahui kondisi operasi bahan baku gliserol dan asam asetat yang digunakan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Sehingga sebelum direaksikan kedua bahan baku tersebut, suhu pada kedua bahan baku tersebut perlu ditingkatkan sebelum masuk reaktor menjadi 105 °C dengan tekanan tetap di 1 atm. Tujuan ditingkatkan suhu tersebut dikarenakan reaktor yang digunakan memiliki kondisi operasi pada suhu dan tekanan tersebut. Alat yang digunakan untuk meningkatkan suhu tersebut adalah *heater* (H-01 dan H-02). Berikut reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Reaktor (R-01) yang digunakan adalah reaktor tipe *mixed tube reaktor* yang dimana reaktor tersebut terdiri dari *tube*, *shell*, dan tempat untuk reaksi yang terdapat pada dalam raktor. *Tube* pada reaktor tersebut berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan bahan baku masuk ke dalam dan produk keluar dari reaktor. Sedangkan pada sisi *shell* berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan air pendingin karena reaksi yang terjadi menghasilkan panas atau eksotermis. Selain itu, di dalam juga terdapat tempat untuk mereaksikan kedua bahan baku tersebut.

Selain kedua bahan baku tersebut, dibutuhkan juga bahan baku pendukung berupa amberlyst 15 untuk dapat menghasilkan produk berupa triacetin. Amberlyst 15 tersebut berfungsi sebagai katalis untuk memungkinkan gliserol bereaksi dengan asam asetat lebih mudah. Selain itu, katalis amberlyst 15 juga berfungsi untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan hasil triacetin. Fungsi lain katalis amberlyst 15 yaitu membantu menstabilkan reaksi dengan cara mengurangi pembentukan produk samping yang tidak diinginkan dan juga dapat meningkatkan selektivitas sehingga dapat menghasilkan triacetin lebih mudah.

2.1.2 Tahap Pemisahan

Proses pemisahan dilakukan di alat dekanter (DC-01). Alat dekanter adalah alat yang dapat memisahkan komponen berupa campuran cair dan cair yang berdasarkan perbedaan berat jenis. Tujuan dilakukannya pemisahan yaitu untuk memisahkan produk campuran triacetin yang masih mengandung komponen yang tidak diinginkan, yaitu *crude gliserol* dari sisa hasil reaksi. Oleh karena itu, dilakukan pemisahan untuk memisahkan campuran tersebut. Produk hasil pemisahan di dekanter menghasilkan dua produk, yaitu *light phase* dan *heavy phase*. Produk *light phase* merupakan produk yang memiliki densitas yang terkecil yaitu *crude gliserol* yang kemudian produk tersebut akan diolah ke proses Unit Pengolahan Limbah (UPL). Sedangkan produk *heavy phase* merupakan sebaliknya dengan produk campuran triacetin dan asam asetat sisa hasil reaksi. Produk *heavy phase* kemudian akan diproses ke tahap selanjutnya.

2.1.3 Tahap Pemurnian

Proses pemurnian dilakukan bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi atau kandungan triacetin menjadi lebih tinggi. Proses pemurnian dilakukan dengan menggunakan metode destilasi di kolom destilasi (D-01). Destilasi adalah metode pemurnian atau pemisahan campuran komponen cair-cair yang berdasarkan perbedaan titik didih dari campuran komponen tersebut. Diketahui titik didih triacetin adalah 260°C, sedangkan titik didih asam asetat adalah 118°C. Karena perbedaan suhu tersebut, maka campuran triacetin dan asam asetat dapat dipisahkan, dengan suhu titik didih yang kecil yaitu asam asetat akan teruapkan dan kandungannya menjadi lebih tinggi.

Produk hasil proses pemisahan ada dua yaitu, top produk atau destilat adalah produk hasil pemisahan dari titik didih yang terkecil yaitu berupa asam asetat. Asam asetat yang teruapkan kemudian akan dikondensasikan menggunakan kondensor (CD-01) untuk mengubah fasenya menjadi cair. Produk kedua yaitu bottom produk atau rafinat berupa triacetin. Agar kedua produk (top dan bottom produk) hasil pemisahan memiliki kemurnian/konsentrasi yang lebih tinggi perlu direfluk di akumulator (AC-01) dan di reboiler (RB-01) dengan bantuan alat rasio kontrol. Produk utama hasil pemurnian triacetin akan ditampung dan disimpan di tangki triacetin (TK-03), sedangkan produk samping asam asetat akan diolah di Unit Pengolahan Limbah (UPL).

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1 Gliserol

Gliserol (gliserin) adalah alkohol trihidrat dengan tiga gugus hidroksil ($-OH$) yang berperan sebagai reaktan utama dalam pembuatan triacetin. Dalam proses sintesis triacetin, gliserol bereaksi dengan asam asetat atau turunan asetat melalui reaksi esterifikasi, transesterifikasi, atau asetilasi. Setiap gugus $-OH$ pada gliserol dapat membentuk ikatan ester, menghasilkan monoacetin, diacetin, hingga triacetin. Gliserol umumnya diperoleh sebagai produk samping industri biodiesel, sehingga ketersediaannya tinggi dan ekonomis.

Sifat Kimia :

- Rumus kimia: $C_3H_8O_3$
- Massa molekul: 92,09 g/mol
- Mengandung tiga gugus hidroksil (alkohol primer dan sekunder) yang sangat reaktif terhadap asam karboksilat.
- Bersifat polar dan higroskopis.
- Tidak beracun dan bersifat biodegradable.

Sifat Fisika :

- Wujud: Cairan kental, tidak berwarna, tidak berbau
- Titik didih: 290 °C (terurai)
- Densitas (20 °C): $\pm 1,26 \text{ g/cm}^3$
- Viskositas tinggi: $\pm 1,5 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ (20 °C)
- Sangat larut dalam air dan alkohol.

3.1.2 Asam asetat

Asam asetat adalah asam karboksilat sederhana yang berfungsi sebagai reaktan utama (agen asetilasi) dalam pembuatan triacetin. Dalam proses produksi triacetin, asam asetat bereaksi dengan gugus hidroksil ($-OH$) pada gliserol melalui reaksi esterifikasi. Setiap molekul gliserol memerlukan tiga molekul asam asetat untuk membentuk triacetin secara sempurna. Asam asetat juga berperan sebagai pengatur selektivitas reaksi, menentukan pembentukan monoacetin, diacetin, atau

triacetin. Umumnya digunakan dalam bentuk asam asetat glasial untuk meningkatkan konversi reaksi.

Sifat Kimia :

- Rumus kimia: CH_3COOH
- Massa molekul: 60,05 g/mol
- Termasuk asam karboksilat lemah ($pK_a \approx 4,76$).
- Bersifat reaktif terhadap alkohol membentuk ester.
- Dapat berfungsi sebagai pelarut sekaligus reaktan.
- Bersifat korosif ringan, terutama pada konsentrasi tinggi.

Sifat Fisika :

- Wujud: Cairan bening, berbau tajam khas
- Titik didih: 118,1 °C
- Densitas (20 °C): $\pm 1,05 \text{ g/cm}^3$
- Sangat larut dalam air dan pelarut polar.
- Mudah menguap pada suhu tinggi.

3.1.3 Katalis Amberlyst 15

Amberlyst-15 adalah katalis asam padat heterogen yang digunakan untuk mempercepat reaksi pembuatan triacetin. Berfungsi sebagai katalis esterifikasi antara gliserol dan asam asetat. Menggantikan katalis asam cair (misalnya H_2SO_4) sehingga proses lebih ramah lingkungan. Mempercepat pembentukan ikatan ester tanpa ikut bereaksi atau habis dalam reaksi. Mudah dipisahkan dari produk karena berbentuk padatan.

Sifat Kimia :

- Jenis: Resin penukar ion asam kuat
- Gugus aktif: Sulfonat ($-SO_3H$) sebagai situs asam Brønsted
- Bersifat asam kuat dan stabil secara kimia
- Tidak larut dalam air maupun pelarut organik
- Aktif dalam reaksi esterifikasi, transesterifikasi, dan asetilasi
- Dapat digunakan kembali (*reusable catalyst*)

Sifat Fisika :

- Wujud: Padatan berbentuk butiran (beads)

- Warna: Cokelat muda hingga kuning
- Struktur: Makropori, memudahkan difusi reaktan
- Diameter partikel: $\pm 0,6\text{--}0,8$ mm
- Luas permukaan tinggi
- Stabil pada suhu hingga $\pm 120\text{--}140$ °C
- Tidak mudah terdegradasi secara mekanik

3.2 Spesifikasi Produk Triacetin

Triacetin adalah senyawa ester yang terbentuk dari reaksi gliserol dengan tiga gugus asetil. Termasuk triester dari gliserol dan asam asetat. Digunakan luas sebagai plasticizer, aditif bahan bakar, pelarut, dan bahan tambahan pangan. Diproduksi melalui esterifikasi, transesterifikasi, atau asetilasi. Bersifat biodegradable dan tidak beracun, sehingga ramah lingkungan. Memiliki stabilitas kimia dan termal yang baik.

Sifat Kimia

- Rumus kimia: $C_9H_{14}O_6$
- Massa molekul: 218,20 g/mol
- Bersifat ester netral (tidak asam).
- Dapat mengalami hidrolisis pada kondisi asam atau basa kuat.
- Tidak reaktif terhadap sebagian besar bahan kimia pada kondisi normal.

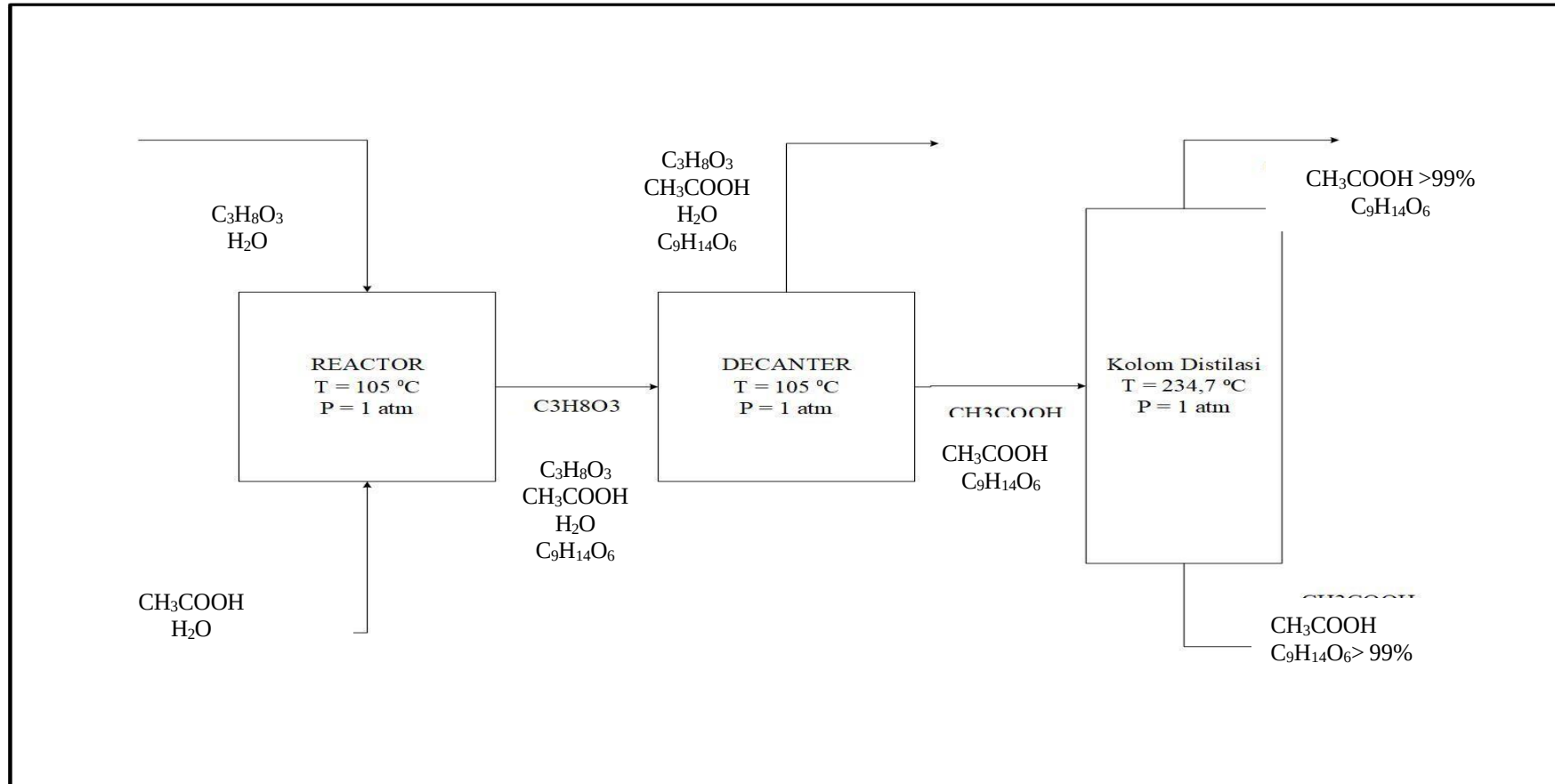
Sifat Fisika

- Wujud: Cairan bening, tidak berwarna
- Bau: Hampir tidak berbau
- Titik didih: $258\text{--}260$ °C
- Densitas (20 °C): $\pm 1,16$ g/cm³
- Viskositas rendah–sedang
- Larut dalam alkohol dan pelarut organik

BAB IV

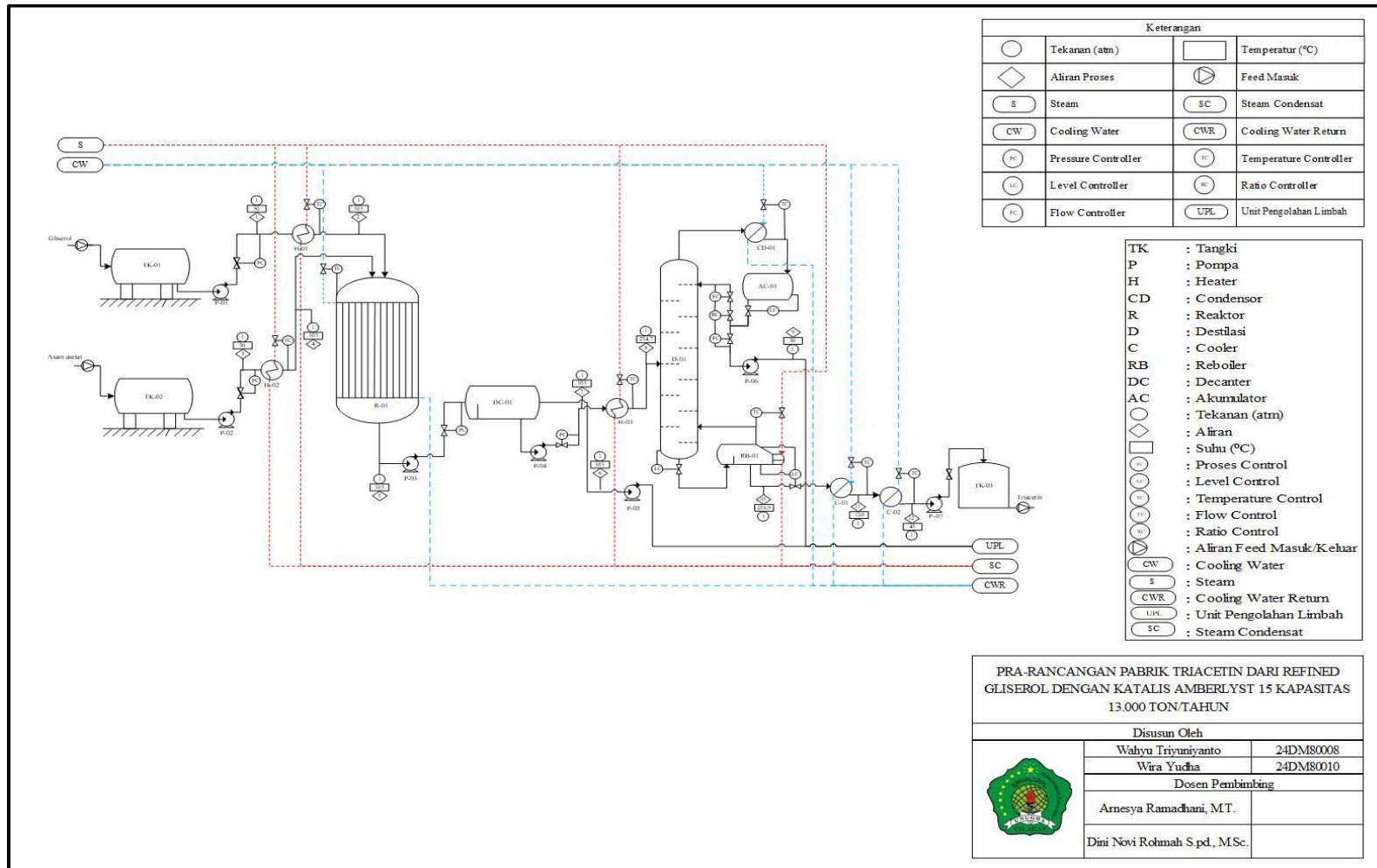
DIAGRAM ALIR KUALITATIF

1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4.1 Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Triacetin

2. PEFD (Process Engineering Flow Diagram)



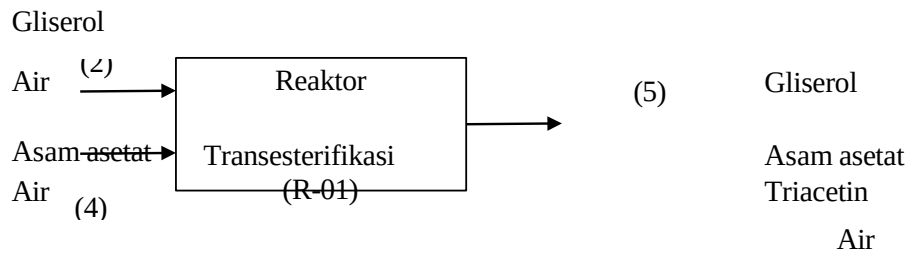
Gambar 4.2 PEFD (Process Engineering Flow Diagram) Proses Pembuatan Triacetin

BAB V NERACA MASSA

Jumlah hari kerja	=	330	hari/tahun
Jumlah jam operasi	=	24	jam/hari
Basis waktu	=	1	jam
Satuan massa	=	Kilogram	
Kapasitas Produksi	=	44.000	ton/tahun
	=	5.556	kg/jam
Bahan baku yang dibutuhkan	=	19.004	ton/tahun
	=	57.589	kg/hari
	=	2.400	kg Refined

5.1 Reaktor Esterifikasi (R-01)

Fungsi : Mereaksikan gliserol dengan asam asetat untuk menghasilkan Triacetin



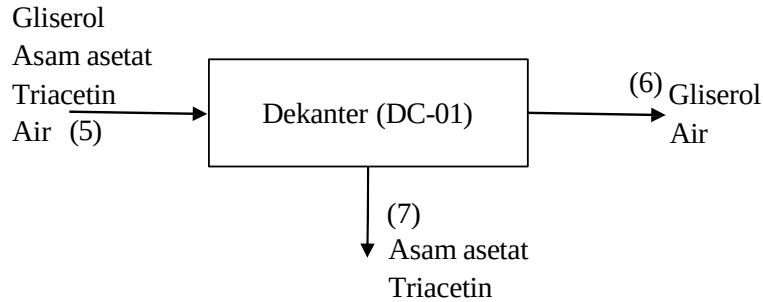
Gambar 5.1 Diagram Alir Reaktor R-01

Tabel 5.1 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi (R-01)

Masuk		Keluar	
<aliran 2>	Massa (kg)	<aliran 5>	Massa (kg)
Gliserol	2.392,3393	Gliserol	23,9234
Air	7,1986	Asam asetat	46,7978
		Triacetin	5.611,5056
		Air	1.418,6900
Jumlah	2.399,5380	Jumlah	7.100,9168
<aliran 4>	Massa (kg)		
Asam asetat	4.679,7830		
Air	21,5958		
Jumlah	4.701,3788		
Total	7.100,9168	Total	7.100,9168

5.2 Decanter (DC-01)

Fungsi : Pemisahan gliserol dan air terhadap asam asetat dan triacetin.



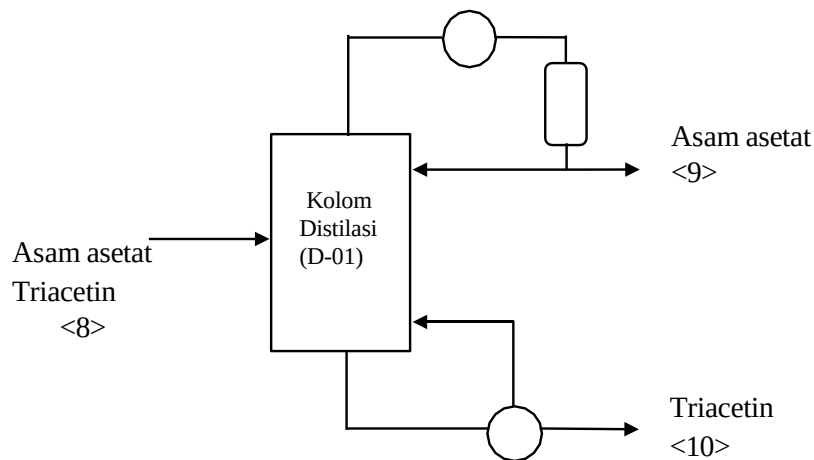
Gambar 5.2 Diagram Alir Decanter DC-01

Tabel 5.2 Neraca Massa Decanter (DC-01)

Masuk		Keluar	
<aliran 5>	Massa (kg)	<aliran 7>	Massa (kg)
Gliserol	23,9234	Asam asetat	46,7303
Asam asetat	46,7978	Triacetin	5.611,2003
Triacetin	5.611,5056		
Air	1.418,6900		
Jumlah	7.100,9168	Jumlah	5.657,9306
		<aliran 6>	Massa (kg)
		Gliserol	23,9234
		Asam asetat	0,0675
		Triacetin	0,3053
		Air	1.418,6900
		Jumlah	1.442,9862
Total	7.100,9168	Total	7.100,9168

5.3 Kolom Destilasi (D-01)

Fungsi : Memisahkan triacetin dan asam asetat dari campuran liquid



Gambar 5.3 Diagram Alir Kolom Destilasi D-01

Tabel 5.3 Neraca Massa Kolom Destilasi (D-01)

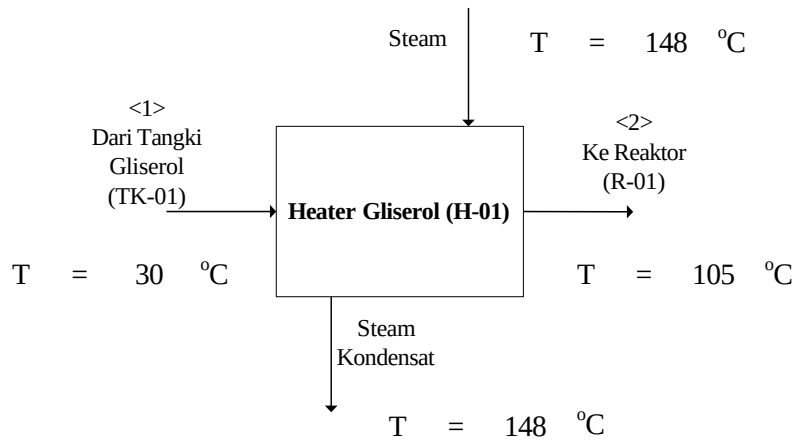
Masuk		Keluar	
<aliran 8>	Massa (kg)	<aliran 9>	Massa (kg)
Asam asetat	46,7303	Asam asetat	46,2630
Triacetin	5.611,2003	Triacetin	56,1120
Jumlah	5.657,9306	Jumlah	102,3750
		<aliran 10>	Massa (kg)
		Asam asetat	0,4673
		Triacetin	5.555,0883
		Jumlah	5.555,5556
Total	5.657,9306	Total	5.657,9306

BAB VI NERACA PANAS

Jumlah hari kerja = 330 hari/tahun
 Jumlah jam operasi = 24 jam/hari
 Basis waktu = 1 jam
 Satuan = kJ/jam
 Kapasitas Produksi = 44.000 ton/tahun
 = 5.556 kg/jam

6.1 Heater Gliserol (H-01)

Fungsi : Memanaskan gliserol sebelum masuk reaktor



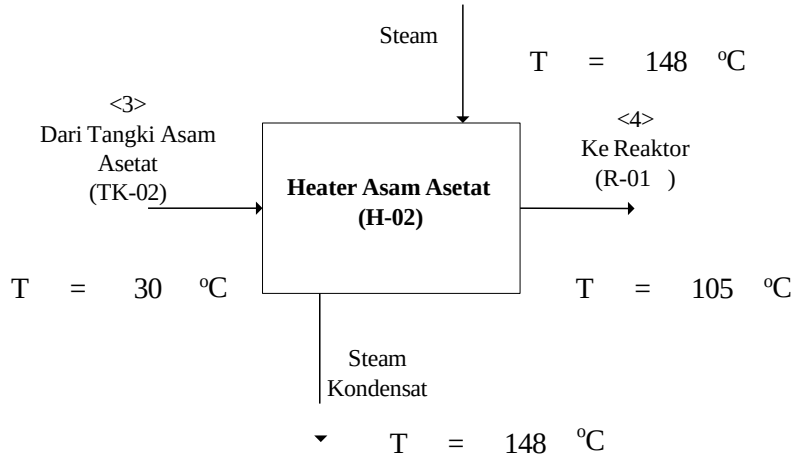
Gambar 6.1 Diagram Alir Neraca Panas Heater Gliserol (H-01)

Tabel 6.1 Neraca Panas Heater (H-01)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 1>	34.095,3369	<aliran 2>	556.016,1080
Q	521.920,7711		
Total	556.016,1080	Total	556.016,1080

6.2 Heater Asam Asetat (H-02)

Fungsi : Memanaskan asam asetat sebelum masuk reaktor



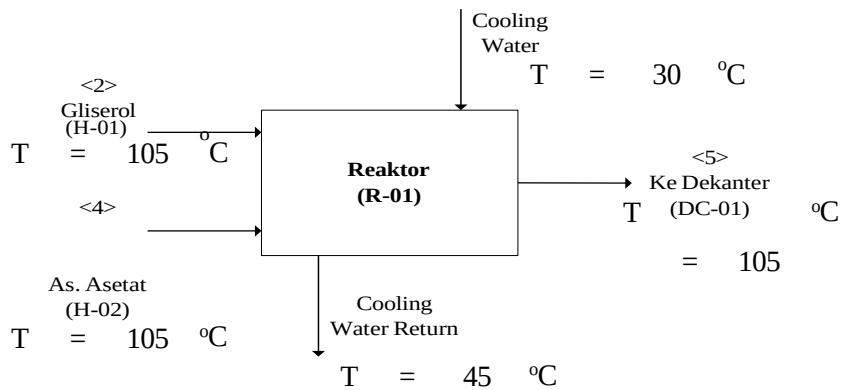
Gambar 6.2 Diagram Alir Neraca Panas Heater Asam Asetat (H-02)

Tabel 6.2 Neraca Panas Heater (H-02)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 3>	-2.062.013,7445	<aliran 4>	751.388,2619
Q steam	2.813.402,0064		
Total	751.388,2619	Total	751.388,2619

6.3 Reaktor Esterifikasi (R-01)

Fungsi : Mereaksikan gliserol dengan asam asetat untuk menghasilkan triacetin



Gambar 6.3 Diagram Alir Neraca Panas Reaktor Esterifikasi (R-01)

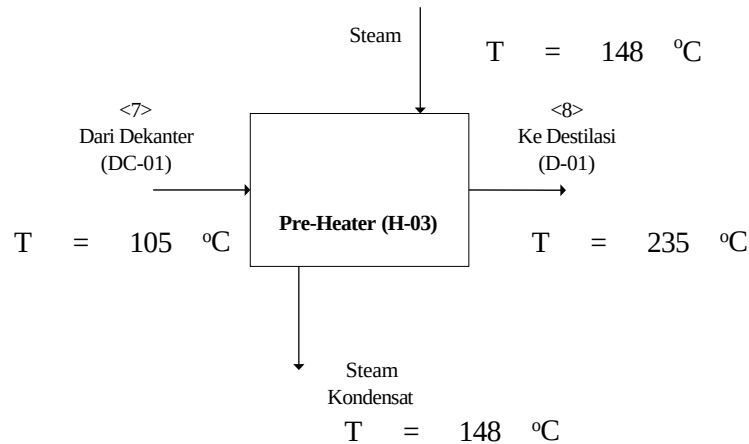
Tabel 6.3 Neraca Panas Reaktor Esterifikasi (R-01)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 2>	423.298,5924	<aliran 5>	778.375,7800
<aliran 4>	439.178,0762	ΔH_R	-5.816.503,8266

Q	-5.900.604,7153		
Total	-5.038.128,0467	Total	-5.038.128,0467

6.4 Pre-Heater (H-03)

Fungsi : Memanaskan produk dari reaktor sebelum masuk ke destilasi



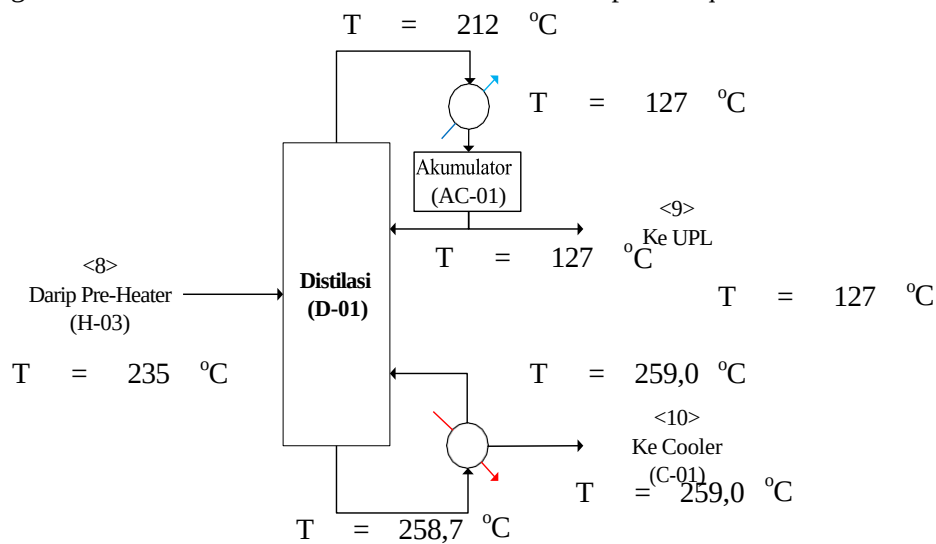
Gambar 6.4 Diagram Alir Neraca Panas Pre-Heater (H-03)

Tabel 6.4 Neraca Panas Pre-Heater (H-03)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 7>	840.560,9434	<aliran 8>	2.383.239,9832
Q	1.542.679,0398		
Total	2.383.239,9832	Total	2.383.239,9832

6.5 Destilasi (D-01)

Fungsi : Memisahkan triacetin dan asam asetat dari campuran liquid



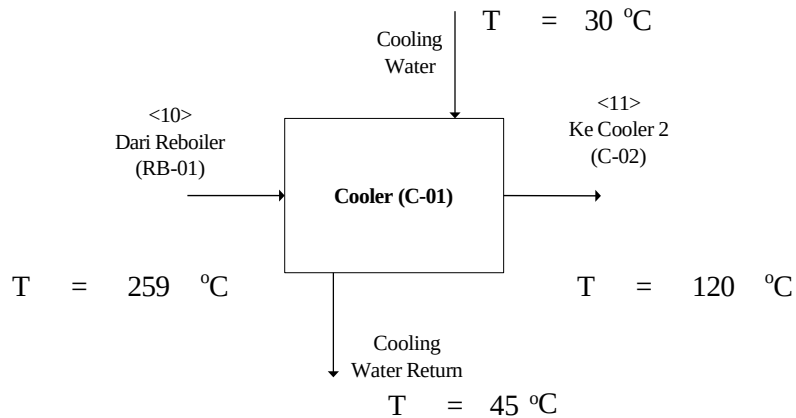
Gambar 6.5 Diagram Alir Neraca Panas Destilasi (D-01)

Tabel 6.5 Neraca Panas Distilasi (D-01)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 8>	5.603.083,8867	<aliran 9>	16.168,3033
Qb	-2.968.609,0581	<aliran 10>	2.668.655,6882
Qc	50.349,1630		
Total	2.684.823,9916	Total	2.684.823,9916

6.6 Cooler (E-316)

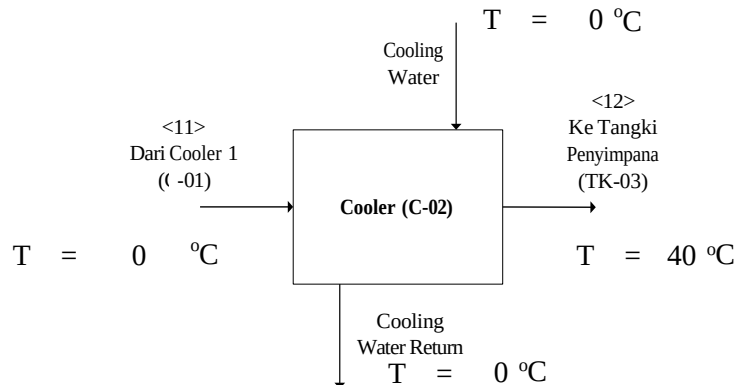
Fungsi : Mendinginkan produk bawah triacetin

**Gambar 6.6** Diagram Alir Neraca Panas Cooler (C-01)**Tabel 6.6** Neraca Panas Cooler (C-01)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 10>	1.965.688,9207	<aliran 11>	701.617,9440
Q	-1.264.070,9768		
Total	701.617,9440	Total	701.617,9440

6.7 Cooler 2 (C-02)

Fungsi : Mendinginkan produk bawah triacetin

**Gambar 6.7** Diagram Alir Neraca Panas Cooler (C-02)

Tabel 6.7 Neraca Panas Cooler (C-02)

Masuk (kJ/jam)		Keluar (kJ/jam)	
<aliran 11>	1.965.688,9207	<aliran 12>	701.617,9440
Q	-1.264.070,9768		
Total	701.617,9440	Total	701.617,9440

BAB VII

SPESIFIKASI ALAT

7.1 Storage Gliserol

Kode alat	: TK-01
Material	: High Alloy Steel SA 240 Grade M Type 316
Waktu tinggal	: 15 hari
Kapasitas	: 761,09 m ³
Jumlah	: 1 unit
Fungsi	: Untuk menampung gliserol sebagai bahan baku pembuatan triacetin
Dimensi Tangk	:
Diameter	: 298,91 In
Tinggi silinder	: 597,79 In
Tebal tutup atas	: 1 2/7 In
Tebal silinder	: 3/5 In
Tebal tutup bawah	: 1 2/7 In
Tinggi total tangki	: 679,21 In

7.2 Pompa

Kode alat	: P-01
Tipe	: Centrifugal pump
Material	: Commercial Steel
Fungsi	: Untuk memompa Gliserol menuju ke reaktor
Jumlah	: 1 unit
Kapasitas pompa	: 0,0187 ft ³ /detik
Ukuran pipa	: 1 1/4 in sch 40
Dimensi pipa	:
OD	: 1,60 in
ID	: 1,58 in
A	: 0,10 ft ²
Power	: 4,44 Hp

7.3 Heater

Kode alat	: H-01
Tipe	: Shell and Tube Heat Exchanger
Material	: Commercial steel

Jumlah : 1 unit
 Fungsi : Memanaskan gliserol sebelum masuk reaktor
 Beban panas, Q : 522270,05 kJ/jam
 Media pemanas : Steam gas
 Massa pemanas : 246,244 kg/jam
 Perpindahan panas, A : 415,6701 ft²
 Δt LMTD : 133,73 °F
 Koef perpindahan panas, U : 1,9630 Btu/hr ft² F
 Bagian shell
 ID : 0,750 in
 Baffle space : 5
 Passes : 2
 ΔP : 0,0016 psi
 Bagian tube
 OD; Pitch : 0,620 in
 BWG; Layout : 16 ; square
 Panjang : 10 ft
 Jumlah : 220 buah
 ΔP : 0,1648 psi

7.4 Decanter

Kode : DC-01
 Fungsi : memisahkan komponen berdasarkan berat jenisnya
 Jenis : Tangki silinder vertikal
 Bahan konstruksi : Carbon steel SA 285 grade C
 Temperatur : 105 °C
 Tekanan : 1 atm
 Kapasitas : 7100,917 kg/jam
 Diameter : 0,8007 m
 Tinggi : 2,4020 m
 Volume : 6,2993 m³/jam
 Tebal shell : 1 1/4 in
 Jumlah : 1 unit

7.5 Kondensor

Kode alat : CD-01
Tipe : Shell and Tube Heat Exchanger
Material : Commercial steel
Jumlah : 1 unit
Fungsi : Mengubah produk dari fase gas menjadi fase cair
Beban panas, Q : 50349,163 kJ/jam
Media pendingin : Air
Massa pendingin : 802,249 kg/jam
Perpindahan panas, UA : 102,0842 ft^2
 Δt LMTD : 243,19 $^{\circ}\text{F}$
Koef perpindahan panas, UD : 1,9630 Btu/hr ft^2 $^{\circ}\text{F}$
Bagian shell
ID : 0,750 in
Baffle space : 5
Passes : 1
 ΔP : 0,0254 psi
Bagian tube
OD; Pitch : 0,482 in
BWG; Layout : 10 ; square
Panjang : 10 ft
Jumlah : 52 buah
 ΔP : 0,0001 psi

7.6 Akumulator

Kode alat : AC-01
Material : High Alloy Steel SA 240 Grade M Type 316
Kapasitas : 0,1031 m^3
Jumlah : 1 unit
Fungsi : Tangki berbentuk silinder, tutup atas dan bawah berbentuk standard dish head
Dimensi Tangki
Diameter : 15,350 in
Tinggi silinder : 31,450 in
Tebal tutup atas : 1/8 in
Tebal silinder : 1/7 in

Tebal tutup bawah : 1/8 in
Tinggi total tangki : 43,299 in

7.7 Reboiler

Kode alat : RB-01
Tipe : Kettle Reboiler
Material : Commercial steel
Jumlah : 1 unit
Fungsi : Menguapkan sebagian produk bawah dari menara destilasi
Beban panas, Q : 2968609,1 kJ/jam
Media pemanas : Steam gas
Massa pemanas : 1400,5973 kg/jam
Perpindahan panas, A : 988,9810 ft²
 Δt LMTD : 74,16 °F
Koef perpindahan panas, UD : 9,1630 Btu/hr ft² F
Bagian shell
ID : 1,00 in
Baffle space : 5
Passes : 2
 ΔP : 0,0218 psi
Bagian tube
OD : 0,902 in
BWG; Pitch : 18 ; square
Panjang : 35 ft
Jumlah : 112 buah
 ΔP : 1 psi

7.7 Cooler

Kode alat : C-01
Tipe : Shell and Tube Heat Exchanger
Material : Commercial steel
Jumlah : 1 unit
Fungsi : Mendinginkan produk sebelum disimpan di tangki storage triacetin
Beban panas, Q : 1264071 kJ/jam
Media pendingin : Air
Massa pendingin : 20141,348 kg/jam

Perpindahan panas, A : 0,0000 ft²
 Δt LMTD : 267,90 °F
 Koef perpindahan panas, UD : 6,5420 Btu/hr ft² F
 Bagian shell
 ID : 1,250 in
 Baffle space : 5
 Passes : 2
 ΔP : 14,973 psi
 Bagian tube
 OD : 1,110 in
 BWG; Pitch : 15 ; square
 Panjang : 20 ft
 Jumlah : 24 buah
 ΔP : 1,140 psi

7.9 Kolom Distilasi

Kode alat : D-01
 Bentuk : Silinder tegak dengan tutup bawah dan atas berbentuk standar dishead
 Tipe : Sieve Tray Distillation
 Bahan Konstruksi : Comercial Steel SA - 135 Grade B
 Jumlah Kolom Distilasi : 1 unit
 Jumlah Tray : 17 unit
 Fungsi : Memisahkan triacetin dan asam asetat
 Dimensi kolom distilasi
 Diameter Dalam (di) : 1,6458 ft
 Diameter Luar (do) : 1,6667 ft
 Tebal Silinder (ts) : 1/8 in
 Tebal Tutup Atas (tha) : 1/4 in
 Tinggi Tutup Atas (ha) : 0,4620 ft
 Tebal Tutup Bawah (thb) : 1/4 in
 Tinggi Tutup Bawah (hb) : 0,4722 ft
 Tinggi Kolom Distilasi : 19,934 ft

7.10 Reaktor Esterifikasi

Kode alat : R-01
Tipe : Multi Tube Fixed Bed Reactor
Jumlah : 1 unit
Bahan Konstruksi : High Alloy Steel SA 240 grade M tipe 316
: Tempat terjadinya reaksi antara gliserol dengan asam asetat menghasilkan triacetin

Kondisi operasi

Temperatur
Tekanan : 105 °C
Dimensi reaktor : 1 atm

Diameter luar silinder (do) : 4,0000 ft
Diameter dalam silinder (di) : 3,9792 ft
Tinggi silinder (Ls) : 5,9688 ft
Tebal silinder (ts) : 1/8 in
Tebal tutup atas (tha) : 3/8 in
Tinggi tutup atas (ha) : 0,9646 ft
Tebal tutup bawah (thb) : 3/8 in
Tinggi tutup bawah (hb) : 0,9646 ft
Tinggi reaktor (H) : 7,8980 ft
Diameter Tube : 1,3800 in , Triangular
Panjang Tube : 57,300 in
Jumlah Tube : 23 Buah

BAB VIII UTILITAS

Unit utilitas pada suatu pabrik adalah salah satu bagian yang penting sebagai penunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia, sehingga kapasitas produksi semaksimal mungkin dapat dicapai. Adapun unit utilitas yang diperlukan pada Pra Perancangan Pabrik Triacetin sebagai berikut :

- Unit pengadaan uap air (steam) yaitu sebagai media pemanas.
- Unit pengadaan air yang digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi, umpan boiler, dan air proses.
- Unit pengadaan listrik, digunakan sebagai tenaga penggerak motor berbagai peralatan proses dan untuk keperluan penerangan.
- Unit pengadaan bahan bakar, digunakan untuk penguapan air dalam boiler dan untuk generator.

8.1 Unit Pengadaan Steam

Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam yang dipergunakan media pemanas boiler. Kebutuhan steam menunjang produksi triacetin meliputi :

Tabel 8.1 Kebutuhan steam pada peralatan

No	Nama Alat	Kode Alat	Kebutuhan Steam (kg/jam)	
1	Heater	E-113	246,2436	
2	Heater	E-116	1327,3702	
3	Pre-Heater	E-311	727,8399	
4	Reboiler	E-315	1400,5973	
Total			3702,0510	

Direncanakan banyaknya steam yang disuplai adalah 20% excess, maka:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan steam} &= 1,2 \times 3702,051 \text{ kg/jam} \\ &= 4442,4612 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Make Up untuk kebutuhan steam direncanakan 10% excess, maka :

$$\begin{aligned}\text{Make Up steam} &= 1,1 \times 4442,461 \text{ kg/jam} \\ &= 4886,7074 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Jadi jumlah steam yang harus dihasilkan oleh Boiler adalah :

$$\text{Massa steam (m}_s\text{)} = 4886,7074 \text{ kg/jam} = 10773,24 \text{ lb/jam}$$

Steam yang digunakan adalah saturated steam dengan kondisi:

- Suhu (T) = 148 °C = 298 °F
- Tekanan (P) = 4 Atm = 59 psia
- Air umpan Boiler masuk pada suhu = 30 °C = 86 °F

Dari App A.2-9 Geankoplis, hal. 858 - 859 didapatkan:

$$H_{g_{298^{\circ}\text{F}}} = 1180,200 \text{ Btu/lbm}$$

Dari App A.2-9 Geankoplis, hal. 858 - 859 didapatkan:

$$H_{f_{86^{\circ}\text{F}}} = 54,078 \text{ Btu/lbm}$$

$$H_{fg_{86^{\circ}\text{F}}} = 1099,020 \text{ Btu/lbm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor evaporasi} &= \frac{H_g - H_f}{970,3} \quad (\text{Kusnarjo hal.125}) \\
 &= \frac{1180,20 - 54,078}{970,3} \\
 &= 1,16059 \text{ lb/jam} \\
 \text{Jumlah air yang dibutuhkan} &= \text{faktor evaporasi} \times m_s \\
 &= 1,16059 \times 10,773.25 \text{ lb/jam} \\
 &= 12503,33 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Boiler

Dari pers. 8-3, Kusnarjo 2010. hal. 108 didapatkan Kapasitas Boiler, (Q):

$$Q = \frac{m_s \times (H_g - H_l)}{1000}$$

Dimana :

m_s = massa steam yang dihasilkan oleh boiler (lb/jam)

H_g = entalpi steam pada 298 °F

H_l = entalpi air masuk pada 86 °F

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{10773,24 \text{ lb/jam} \times (1180,200 - 54,078) \text{ btu/lb}}{1000} \\
 &= 12131,977 \text{ btu/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Boiler} &= \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{1099,02 \times 34,5} \quad (\text{Pers. 8-2, Kusnarjo hal.124}) \\
 &= \frac{10773,24 \text{ lb/jam} \times (1180,2 - 54,078) \text{ btu/lb}}{37916,19} \\
 &= 39,308 \text{ hp} \approx 39 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

Panas yang dipidahkan oleh permukaan air = 6.10^5 W/m^2 (Perry's 7th ed. fig. 27-3)

= 190198,4 btu/jam.ft²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan panas (A)} &= \frac{12131,98 \text{ btu/jam}}{190198,4 \text{ btu/jam.ft}^2} \\
 &= 0,06379 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Bahan bakar yang digunakan fuel oil 33 °API dengan *Heating Value* :

$$\begin{aligned}
 H_v &= 132000 \text{ btu/lb} \quad (\text{Perry's 7}^{\text{th}} \text{ ed. fig. 27-3}) \\
 &= 76758 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Diperkirakan efisiensi Boiler 80%, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan bahan bakar} &= \frac{m_s \times (H_g - H_f)}{\text{efisiensi} \times H_v} \quad (\text{Kusnarjo hal.125})
 \end{aligned}$$

$$= \frac{10773,24 \text{ lb/jam} \times [1180,20 - 54,078]}{0,8 \times 132000 \text{ btu/lb}}$$

$$= 114,886 \text{ lb/jam} = 52,112 \text{ kg/jam}$$

Apabila ditetapkan :

- Heating value surface = 25 ft²/Hp boiler
- panjang pipa (L) = 50 ft
- Ukuran pipa = 10 in
- Luas permukaan (at) = 2,8 ft²/ft (Kern, tabel 10, hal. 844)

Jumlah perpindahan panas Boiler dan jumlah tube dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Heating surface Boiler} &= H_v \text{ surface} \times \text{Hp Boiler} \\ &= 25 \text{ ft}^2/\text{Hp} \times 39 \text{ Hp} \\ &= 982,703 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tube yang dibutuhkan,

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{A}{at \times L} \\ &= \frac{982,703 \text{ ft}^2}{2,814 \text{ ft}^2/\text{ft} \times 50 \text{ ft}} \\ &= 6,9844 \approx 7 \text{ tube} \end{aligned}$$

Spesifikasi Boiler

- Tipe : Fire Tube Boiler
- Fungsi : Untuk pengadaan uap air (steam)
- Kapasitas Boiler : 12131,98 btu/jam
- Rate steam : 10773,24 lb/jam
- Bahan bakar : Fuel oil 33 °API
- Efisiensi : 80%
- Heating surface : 982,703 ft²
- Jumlah tube : 7 tube
- Ukuran tube : 10 in
- Panjang tube : 50 in
- Power : 39 hp
- Jumlah Boiler : 1 buah

8.2 Unit Penyedia Air

Untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik, maka direncanakan diambil dari air kawasan pengambilan air sungai kemudian ditampung dalam bak penampung air kawasan selanjutnya untuk air sanitasi tidak diperlukan pengolahan. Sedangkan untuk air pendingin dan air umpan boiler akan diolah lebih kebutuhan masing-masing.

a. Air Sanitasi

Air sanitasi dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman, kebutuhan yang lain. Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi peraturan Menteri Kesehatan No.492/Menkes/Per/IV/2010.

Tabel 8.2 Karakteristik Air Sanitasi

Parameter	Satuan	Kadar maks. yang diijinkan
Suhu	°C	Suhu air normal (25-30)
Kekeruhan	Skala NTU	15
Warna	Skala TCU	15
Jumlah zat terlarut	mg/L	500
pH		6,5-8,5
Kesadahan	mg/L	500
CO ₂ bebas	ppm CO ₂	-
DO	ppm O ₂	> -4
Nitrit	mg/L	3
Ammonia	mg/L	1,5
Tembaga	mg/L	2
Fosfat	ppm PO ₄	-
Sulfida	ppm H ₂ S	Nihil
Besi	mg/L	0,3
Krom heksafalen	mg/L	0,05
Mangan	mg/L	0,4
Seng	mg/L	3
Timbal	mg/L	0,01
COD	ppm O ₂	10
Detergen	ppm MBAS	0,5

Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standart WHO kebutuhan air tiap orang = 120 L/hari

Jumlah karyawan pada pabrik = 358 orang

Jam kerja untuk setiap karyawan = 8 jam/hari

Jadi, kebutuhan air karyawan adalah :

= 120 L/hari × 358 orang

= 42960 L/hari

= 42,9600 m³/hari

Kebutuhan air sanitasi untuk pabrik ini adalah untuk :

- Kebutuhan air karyawan = 43,0 m³/hari

- Laboratorium (50% dari kebutuhan karyawan) = 21,5 m³/hari

- Kebersihan (40% dari kebutuhan karyawan) = 17,2 m³/hari

- Taman (10% dari kebutuhan karyawan) = 4,3 m³/hari

$$\begin{aligned}
 - \text{Cadangan (40\% dari kebutuhan karyawan)} &= 17,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Total kebutuhan air sanitasi} &= 103,104 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 4287,408 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

b. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler yang digunakan sebagai pembuat steam dan berfungsi untuk media pemanas disebut dengan air umpan boiler. Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat karena kelangsungan operasi boiler sangat bergantung pada kondisi air umpan.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi :

- Zat-zat yang menyebabkan korosi yaitu : gas gas terlarut seperti O_2 , CO , H_2S , NH_3 , garam yang mengandung ion Cl^- dan Fe_2O_3 . Untuk mencegah terjadinya korosi pada logam, dapat menggunakan pipa dengan kandungan Fe yang kecil seperti pipa dari bahan stainless steel.

- Zat-zat yang menyebabkan busa yaitu : zat organik, anorganik, minyak.

- Tidak menyebabkan kerak

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa jumlah air umpan yang dibutuhkan sebesar 12503,33 lb/jam. Air umpan Boiler disediakan excess 20% sebagai pengganti steam yang hilang, kebocoran akibat dari transmisi diperkirakan sebesar 5% dan faktor keamanan 10%. Sehingga kebutuhan air umpan Boiler sebesar :

Excess 20%

$$1,2 \times 12503,33 \text{ lb/jam} = 15003,991 \text{ lb/jam}$$

Faktor kebocoran 5%

$$5\% \times 12503,33 \text{ lb/jam} = 625,166 \text{ lb/jam}$$

Faktor keamanan 10%

$$10\% \times 12503,33 \text{ lb/jam} = 1250,333 \text{ lb/jam}$$

Jadi total kebutuhan air umpan Boiler adalah :

$$= 15003,99 + 625,166 + 1250,333 \text{ lb/jam}$$

$$= 16879,49 \text{ lb/jam} = 7656,486 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Kebutuhan air umpan boiler} = 16879,49 \text{ lb/jam}$$

$$= 7,663 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,319 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Air Pendingin

Air Pendingin perlu diolah sebelum digunakan karena kandungan bahan didalam air akan mempengaruhi sistem air pendingin, sebab bahan-bahan yang terkandung didalamnya akan menimbulkan masalah kerak yang dapat menghambat perpindahan panas. Untuk menghemat pemakaian air pendingin maka air pendingin akan digunakan kembali dengan di-recycle air bekas pendingin ke unit pengolahan air pendingin. Kecuali bila ada kebocoran/kehilangan karena penguapan, maka disediakan penambahan air sebesar 20% dari kebutuhan air pendingin. Air pendingin yang dibutuhkan

digunakan pada alat-alat seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 8.3 Kebutuhan air pendingin pada peralatan

No	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah (Kg/jam)
1	Reaktor Esterifikasi	R-110	94018,5582
2	Kondensor	E-312	802,2493
3	Cooler	E-316	20141,3476
Total			20141,3476

Direncanakan banyaknya air pendingin yang disuplai dengan excess 20%

$$\text{kebutuhan air pendingin} = 1,2 \times 20141,35$$

$$= 24169,62 \text{ Kg/jam}$$

Make Up untuk kebutuhan air pendingin direncanakan excess 20%

$$\text{Make Up pendingin} = 1,2 \times 24169,62$$

$$= 29003,54 \text{ Kg/jam}$$

$$\text{Total kebutuhan air pendingin} = 29003,54 \text{ Kg/jam}$$

Desain Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin

Dasar perencanaan :

$$\text{- Rate aliran} = 29003,54 \text{ kg/jam} = 63941,21 \text{ lb/jam}$$

$$\text{- Densitas } (\rho) \text{ air} = 62,1581 \text{ lb/ft}^3$$

Perhitungan :

$$Q = \frac{\text{rate liquid}}{\rho} = \frac{63941,21}{62,158} = 1028,686 \text{ ft}^3/\text{jam} = 106,800 \text{ gpm}$$

$$\text{- Suhu wet bulb udara} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 77 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{- Suhu air masuk tower} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C} = 113 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\text{- Suhu air pendingin} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 86 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Digunakan Counter Flow Included-draft Tower,

Dari Perry's 7thed, fig. 12-14, hal. 12-16, didapatkan konsentrasi air 3

Sehingga luas yang dibutuhkan :

$$A = \frac{106,800 \text{ Gpm}}{3 \text{ gal/m.ft}^2} = 35,5999 \text{ ft}^2$$

Menghitung diameter :

$$\text{Luas} = \pi/4 \times d^2$$

$$35,5999 \text{ ft}^2 = 0,7850 \times d^2$$

$$d = 6,7343 \text{ ft}$$

Menghitung volume :

Direncanakan tinggi tower (L) = 3 d

$$\text{Maka, L} = 3 \times 6,7343 \text{ ft} = 20,2028 \text{ ft}$$

$$\text{Volume} = (\pi/4) d^2 L$$

$$= 0,7850 \times 45,3502 \times 20,2028$$

$$= 32616,5914 \text{ ft}^3$$

Dari Perry's 7thed, fig. 12-15, hal. 12-17, didapatkan :
Standar Power Performance adalah 95%, maka :

$$\text{Hp fan} = 0,0350 \text{ Hp/ft}^2$$

Luas tower area (ft²)

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Hp fan} &= 0,0350 \times \text{luas tower} \\ &= 0,0350 \text{ Hp/ft}^2 \times 35,5999 \text{ ft}^2 \\ &= 1,2460 \text{ Hp} \approx 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Cooling Tower

- Tipe : Induced Draft Tower
- Diameter : 6,7343 ft
- Tinggi : 20,2028 ft
- Daya : 1 Hp
- Jumlah : 1 buah

Kesimpulan total keseluruhan kebutuhan air untuk unit penyedia air sebagai berikut :

Tabel 8.5 Total Kebutuhan Air untuk Unit Penyedia Air

No	Keterangan	Jumlah (Kg/jam)	Jumlah (L/jam)
1	Air Sanitasi	4287,4080	4,2960
2	Air Umpan Boiler	7656,486	7,6718
3	Air Pendingin	29003,54	29,0617
Total		40947,43491	41,0295

8.3 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pada pra-rencana Pabrik Triacetin ini direncanakan disediakan oleh PLN dan Generator set. Tenaga listrik yang dipergunakan untuk menggerakkan motor, penerangan, instrumentasi dan lainnya. Perincian kebutuhan listrik terbagi menjadi :

- a. Peralatan proses produksi
- b. Listrik untuk penerangan

Tabel 8.6 Pemakaian listrik pada peralatan proses

No.	Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)
1	L-112	Pompa	1	4,044
2	L-115	Pompa	1	1,722
3	L-211	Pompa	1	2,669
4	L-212	Pompa	1	1,142
6	L-314	Pompa	1	0,150
7	L-317	Pompa	1	2,050
Total			6	11,778

Jadi, kebutuhan total untuk motor penggerak sebesar = 11,778 Hp

$$= 11,778 \text{ Hp} \times 0,7457 \text{ kWh/HP} = 8,783 \text{ kWh}$$

$$\text{Kebutuhan listrik dari PL} = \frac{8,783}{0,6} = 14,638 \text{ kW}$$

Pemakaian listrik untuk penerangan dapat diperoleh dengan mengetahui luas

$$L = \frac{A \times F}{U \times D} \quad (\text{Pers. 8-3 Kusnarjo, hal. 113})$$

L = lumen outlet

F = foot candle

U = koefisien utilitas = 0,8

D = efisiensi penerangan rata-rata = 0,75

A = luas daerah

Tabel 8.7 Pemakaian listrik untuk penerangan

No	Lokasi	Luas		F	Lumen
		m ²	ft ²		
1	Pos kemanan	20	215,27	10	3587,88
2	Taman	90	968,73	5	17939,41
3	Parkiran tamu	24	258,33	5	13454,56
4	Parkiran karyawan	100	1076,36	5	17939,41
5	Parkir truk	200	2152,73	5	17939,41
6	Aula	120	1291,64	25	67272,80
7	Perpustakaan	15	161,45	10	8969,71
8	Area perkantoran	1000	10763,65	25	448485,36
9	Toilet	72	774,98	10	8969,71
10	Musholla	45	484,36	10	17939,41
11	Poliklinik	25	269,09	10	8969,71
12	Kantin	30	322,91	10	8969,71
13	Ruang bahan baku	50	538,18	10	8969,71
14	Gudang bahan baku	250	2690,91	20	89697,07
15	Pemadam kebakaran	20	215,27	10	10763,65
16	Ruang genset	25	269,09	20	28703,06
18	Area pengolahan air	100	1076,36	5	44848,54
19	Ruang proses produksi	6750	72654,63	20	1076365
20	Perluasan lahan	2000	21527,30	5	134546
21	Bengkel dan garasi	100	1076,36	20	89697,07
22	Litbang/R&D	80	861,09	10	14351,53
23	Laboratorium	96	1033,31	10	35878,83
24	Gudang produk	300	3229,09	5	22424,27
25	Pos penimbangan	80	861,09	10	44848,54
26	Jalan	500	5381,82	200	1793941
Total		11592	124772,2	475	4035471

$$\begin{aligned}
&\text{Kebutuhan listrik untuk} &= &\frac{\text{Lumen}}{0,6} \times \frac{1}{19000} \text{ lumen/kW} \\
&\text{penerangan (selain jalan} &= &\frac{2223590,41}{0,6} \times \frac{1}{19000} \text{ lumen/kW} \\
&\text{dan taman)} &= &195,0518 \text{ kW} \\
&\text{Jumlah lampu yang} &= &\frac{195051,8 \text{ watt}}{40 \text{ watt}} \\
&\text{dibutuhkan} &= &4876,295 \approx 4876 \text{ buah} \\
&\text{Kebutuhan listrik untuk lain lain di tetapkan } 10 \text{ kW} \\
&\text{Kebutuhan listrik dari PL} &= &\frac{10,0000}{0,6} = 16,66667 \text{ kW} \\
&\text{Kebutuhan listrik untuk} &= &\frac{\text{Lumen}}{0,6} \times \frac{1}{19000} \text{ lumen/kW} \\
&\text{penerangan (jalan dan} &= &\frac{4035471}{0,6} \times \frac{1}{19000} \text{ lumen/kW} \\
&\text{taman)} &= &353,9887 \text{ kW} \\
&\text{Jumlah lampu yang} &= &\frac{357765,4 \text{ watt}}{100 \text{ watt}} \\
&\text{dibutuhkan} &= &3577,654 \approx 3578 \text{ buah} \\
&\text{Total Kebutuhan Listrik} &= &14,6 + 195,0518 + 16,667 \\
& & &+ 353,989 \text{ kW} \\
& &= &580,35 \text{ kW} \\
&\text{Apabila ditetapkan faktor keamanan : } 10 \% \text{ maka kebutuhan listrik} \\
&\text{Kebutuhan listrik} &= &580,35 \text{ k} + (10\% \times 580,3) \\
&\text{total} &= &638,3802 \text{ k}
\end{aligned}$$

8.4 Unit Penyedia Bahan Bakar

Bahan bakar generator set yang digunakan pada Pabrik Triacetin adalah diesel oil. Pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viskositasnya relatif rendah
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Desain Generator

Dari Unit Pengadaan Listrik :

$$\begin{aligned}
&\text{Kebutuhan listrik total} &= &\text{kapasitas generator} \\
& &= &638,3802 \text{ kW} \\
&\text{Efisiensi generator} &= &80\% \\
&\text{Kapasitas total generator} &= &797,975 \text{ kW} \\
& &= &797,975 \text{ kV.A}
\end{aligned}$$

Spesifikasi Geneartor

- Tipe : AC Generator 3 Phase
- Kapasitas : 797,98 kV.A
- Frekuensi : 50/60 Hz
- Jumlah : 3 buah

Kebutuhan bahan bakar generator

$$\begin{aligned}\text{Tenaga generator} &= 797,975 \text{ kW} \\ &= 49448546,979 \text{ E tu/day}\end{aligned}$$

Bahan bakar yang digunakan adalah diessel oil

- Heating Value = 19200 Btu/lb
- Densitas = 55 lb/ft³
- efisiensi = 80 %

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan} &= 49448546,98 \\ \text{bakar generator} &= \frac{49448546,98}{19200 \times 0,8 \times 55} \\ &= 58,53284 \text{ ft}^3/\text{hari} \\ &= 1657,475 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

Sedangkan,

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan bahan} &= 114,886 \text{ lb/jam} \\ \text{bakar boiler} &= 52,112 \text{ kg/jam} \\ &= 6203,852 \text{ L/jam} \\ &= 258,4938 \text{ L/hari} \\ \text{Total kebutuhan} &= 1657,475 + 258,4938 \\ \text{bahan bakar} &= 1915,968 \text{ L/hari}\end{aligned}$$

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1 Lokasi Pabrik

Dari pertimbangan faktor - faktor pemilihan lokasi pabrik yang telah dibahas di **Bab I**, maka pabrik yang direncanakan ini akan didirikan di Kawasan Java Integrated Industrial Port Estate (JIPE) yang terletak di Jl. Raya Manyar Km. 11, Manyarsidorukun, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, 61151, Indonesia. Pemilihan lokasi pendirian pabrik ini ditentukan berdasarkan beberapa faktor untuk menunjang kelancaran produksi dan keberhasilan pabrik. Faktor ketersediaan bahan baku, akses pemasaran, fasilitas transportasi, utilitas serta tenaga kerja yang dipertimbangkan dan diperhitungkan secara teknis dan ekonomis agar pabrik yang akan didirikan menguntungkan.



Gambar 9.1 Peta JIPE

9.2 Tata Letak Pabrik

9.2.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan pengaturan dari bagian-bagian sebuah pabrik yang disusun untuk memudahkan proses operasional sebuah pabrik. Tata

letak pabrik menjadi faktor penting untuk menciptakan efisiensi kerja, keselamatan kerja, serta kelancaran kerja para pekerja dan juga untuk memperlancar proses. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada penyusunan tata letak pabrik ini adalah (Peters dan Timmerhaus, 2004):

- a. Urutan proses produksi dan kemudahan / aksesibilitas operasi, jika suatu produk perlu diolah lebih lanjut maka pada unit berikutnya disusun berurutan sehingga sistem perpipaan dan penyusunan letak pompa lebih sederhana.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis dari fasilitas logistik (bahan baku dan bahan pelengkap), fasilitas utilitas (pengadaan air, *steam*, tenaga listrik dan bahan bakar), bengkel untuk pemeliharaan / perbaikan alat serta peralatan pendukung lainnya.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Keamanan (*safety*)
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Masalah pembuangan limbah cair.
- h. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.
- i. Letak tempat, misalnya di suatu lokasi yang agak tinggi, bila digunakan untuk menempatkan tangki penyimpan cairan maka cairan dalam tangki tersebut dapat dialirkan ke tempat yang lebih rendah tanpa menggunakan pompa.
- j. Fasilitas jalan, gudang, dan kantor sebaiknya ditempatkan dekat jalan, tujuannya untuk memperlancar arus lalu lintas.

9.2.2 Perincian Luas Tanah

Luas area yang diperlukan untuk lokasi Pabrik Triacetin dari Gliserol dan Asam Asetat diperkirakan sebagai berikut :

Tabel 9.3 Pembagian Penggunaan Areal Tanah

No	Bangunan	Ukuran (m)			Jumlah (Unit)	Total Luas (m ²)
		Panjang	x	Lebar		
1	Jalan	-	x	-		6000
2	Pos Keamanan	3	x	3	3	27
3	Parkir	20	x	15	2	600
4	Taman	10	x	10	4	100
5	Timbangan Truk	10	x	10	1	100
6	Pemadam Kebakaran	10	x	15	2	450
7	Bengkel	15	x	15	1	225
8	Kantor	30	x	40	1	1200
9	Perpustakaan	25	x	20	1	150
10	Kantin	15	x	10	1	500
11	Poliklinik	10	x	10	1	150
12	Mushola	40	x	20	1	800
13	Ruang Proses	80	x	80	1	6400
14	Ruang Kontrol	25	x	10	1	250
15	Laboratorium	30	x	20	1	600
16	Unit WWTP	-	x	-	1	1766
17	Storage Produk	25	x	25	1	625
18	Storage Bahan Baku	25	x	25	1	625
19	Gudang	25	x	25	1	625
20	Utilitas	25	x	30	1	750
21	Daerah Perluasan					3600
Total Lahan						25192,6

Luas Bangunan Pabrik : 21465,6 m²

Luas Bangunan Gedung : 3727 m²

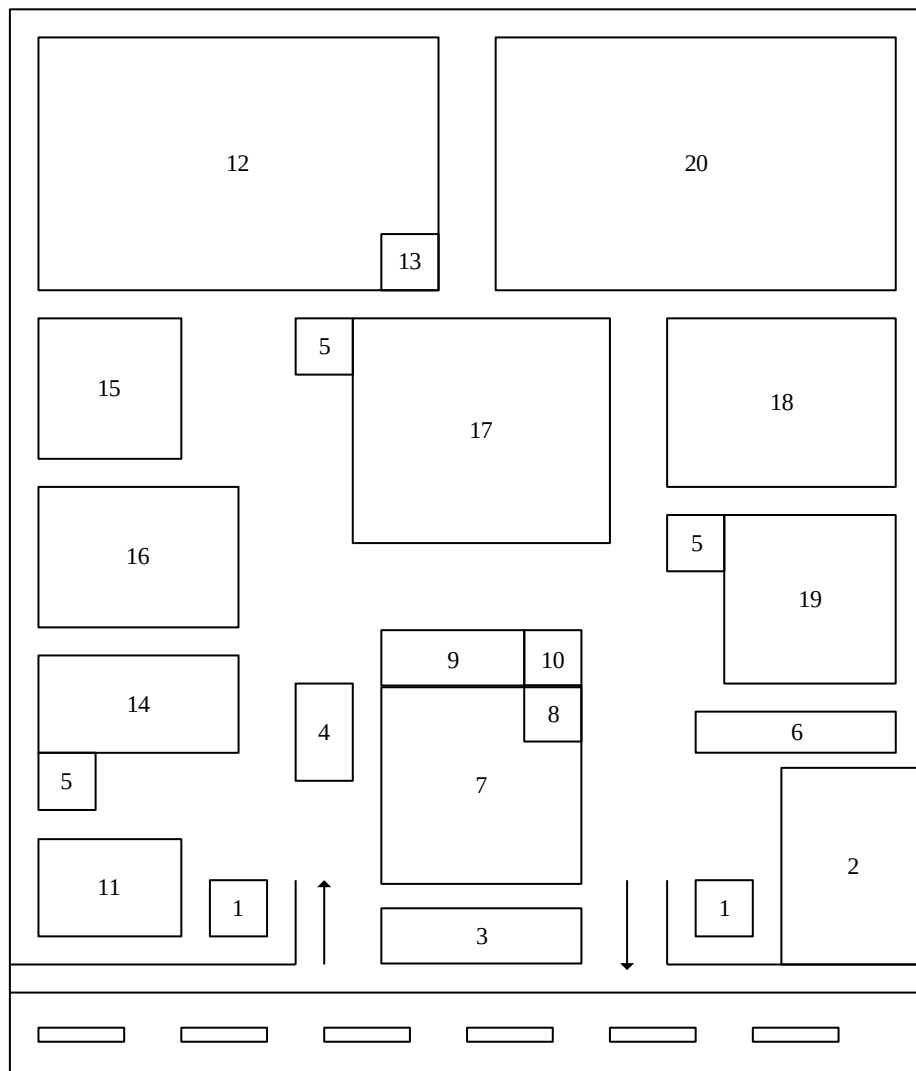
Luas Jalan : 6000 m²

9.2.3 Tata Letak Pabrik Triacetin

Luasan pabrik perlu dirancang untuk mendapatkan kelancaran produksi dan meminimalkan biaya produksi. Untuk memperkirakan luasan pabrik dapat dimulai dari rangkaian proses yang ada, selanjutnya dengan memperhatikan fasilitas penunjang untuk kelancaran proses. Beberapa fasilitas proses produksi beserta penunjangnya adalah sebagai berikut:

- Pos keamanan.
- Fasilitas untuk bahan baku dan bahan jadi, antara lain: parkir kendaraan besar (truk), penimbangan dan gudang bahan baku.

- c. Fasilitas proses produksi, antara lain: ruang proses, laboratorium, storage bahan jadi, boiler, unit pengolahan air, unit pemadam kebakaran, pembangkit listrik, storage bahan bakar, bengkel, dan garasi.
- d. Perkantoran.
- e. Fasilitas umum, antara lain: parkir kendaraan karyawan, ruang serba guna, perpustakaan, toilet, ruang ibadah, poliklinik, dan kantin.
- f. Fasilitas tamu yaitu parkir kendaraan tamu.
- g. Lingkungan hidup dengan fasilitas taman.



Gambar 9.2 Tata Letak Pabrik Triacetin

Keterangan Gambar :

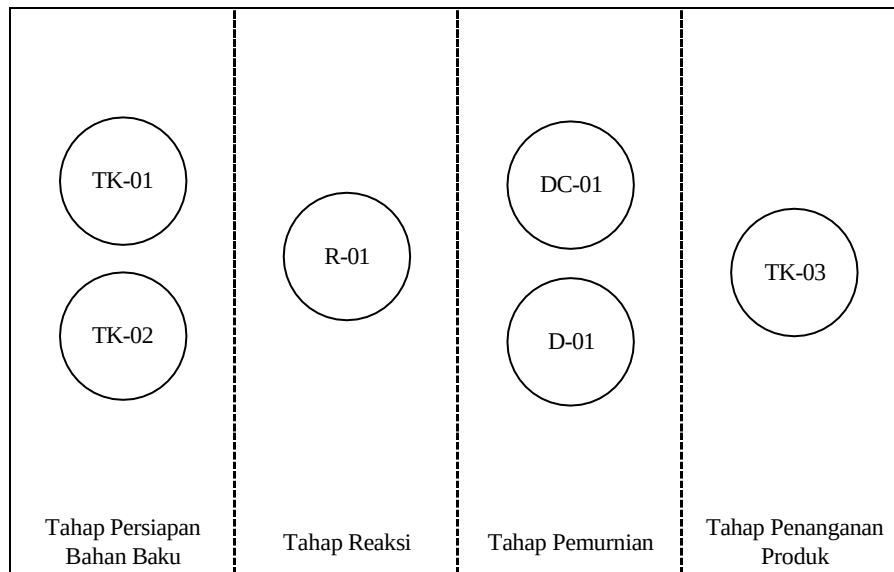
- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1. Pos Keamanan | 3. Taman |
| 2. Parkir Karyawan | 4. Timbangan Truk |

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 5. Pemadam Kebakaran | 13. Ruangan Kontrol |
| 6. Bengkel | 14. Labolatorium |
| 7. Kantor | 15. Utilitas |
| 8. Perpustakaan | 16. Unit Pengolahan Air |
| 9. Kantor | 17. Tangki Bahan Baku |
| 10. Klinik | 18. Tangki Produk |
| 11. Mushola | 19. Gudang |
| 12. Ruangan Proses | 20. Daerah Perluasan |

9.2.4 Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Triacetin

Tata letak peralatan adalah cara menempatkan peralatan-peralatan di dalam pabrik sedemikian rupa sehingga pabrik dapat bekerja secara efektif dan efisien. Perencanaan yang baik dalam tata letak pabrik harus mencakup arus proses, storage dan material yang efisien serta diharapkan adanya kombinasi yang sempurna. Dalam menentukan tata letak peralatan pabrik Triacetin ini perlu memperhatikan beberapa faktor, antara lain:

- a. Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan serta dapat menjamin keselamatan kerja.
- b. Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing - masing, sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
- c. Walaupun dalam ruangan yang penuh alat, harus diusahakan dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan.
- d. Letak peralatan harus memperhatikan keselamatan kerja operatornya.



Gambar 9.3 Tata Letak Peralatan Proses Pabrik Triacetin

Keterangan Gambar :

- TK-01 : Tangki Gliserol
- TK-02 : Tangki Asam Asetat
- R-01 : Reaktor
- DC-01 : Dekanter
- D-01 : Kolom Destilasi
- TK-03 : Tangki Triacetin

BAB X

ORGANISASI PERUSAHAAN

Perusahaan untuk mencapai suatu target atau sasaran secara efektif dengan hasil produksi yang besar (memuaskan) perlu ditunjang dengan struktur organisasi yang baik. Organisasi dibuat dalam bentuk struktural untuk menciptakan hubungan atau kerjasama antara departemen yang terjalin dalam suatu kerangka usaha untuk mencapai satu tujuan yang ingin dicapai. Hal ini menyangkut efektivitas dalam peningkatan kemampuan perusahaan dalam memproduksi dan mendistribusikan produk yang dihasilkan. Tanpa manajemen yang efektif dan efisien tidak akan ada usaha yang berhasil cukup lama. Dengan adanya manajemen yang teratur dan baik dari kinerja sumber daya manusia maupun terhadap fasilitas yang ada, secara otomatis organisasi akan berkembang.

10.1 Dasar Perusahaan

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Lokasi Perusahaan	: Kawasan Java Industrial Port Estate (JIPE) Gresik, Jawa Timur
Lapangan Usaha	: Memproduksi Triacetin
Kapasitas Produksi	: 44.000 ton / tahun
Modal	: Penanaman Modal dalam Negeri

10.2 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan dari pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dimana kekuasaan tertinggi terletak ada pemegang saham, yang diwakili oleh dewan komisaris. Perseroan Terbatas adalah badan hukum yang didirikan berdasarkan perjanjian, melakukan kegiatan usaha dengan modal dasar yang seluruhnya terbagi dalam saham dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam UU No. 1 tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas (UUPT), serta peraturan pelaksanaannya. Dasar pertimbangan dari bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut :

1. Mudah mendapatkan modal, selain modal dari bank, modal dapat juga diperoleh dari penjualan saham.
2. Kekayaan perseroan terpisah dari kekayaan setiap pemegang saham.

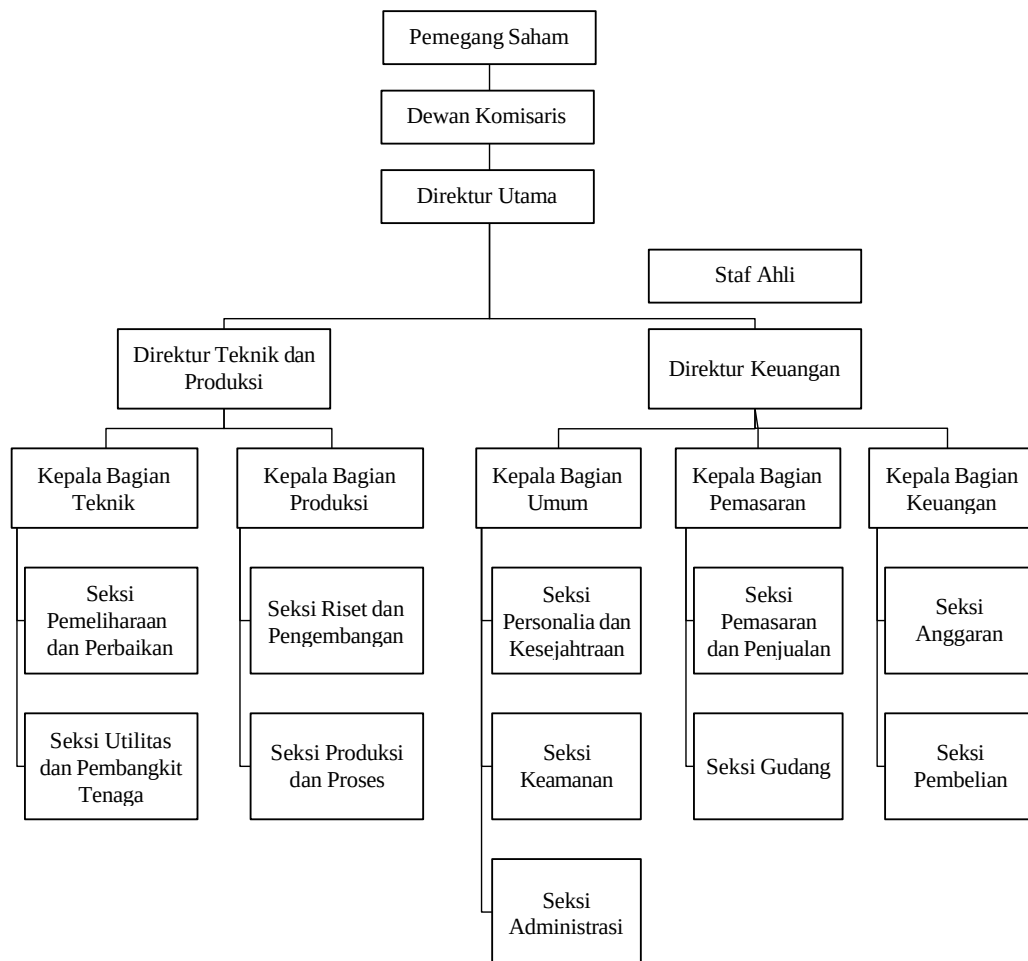
3. Pemilik saham dengan pengurus adalah terpisah satu dengan lainnya. Pemilik PT adalah pemegang saham, sedangkan pengurus PT adalah Direksi.
4. Pengambilan keputusan yang sehat dapat dilaksanakan dengan cepat dan lebih mudah karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat dan terdapat anggota - anggota staff yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasihat dan mengerjakan perencanaan yang teliti.
5. Adanya efisiensi dan koordinasi yang baik dalam perusahaan karena sudah ada pembidangan masing - masing dan tiap - tiap bagian dalam PT dipegang oleh orang yang ahli di bidangnya sehingga sistem penempatan "*The Right Man in The Right Place*" lebih mudah dilaksanakan.
6. Disiplin, kinerja dan moral para karyawan tinggi karena tugas dilaksanakan sesuai dengan bakat, keahlian, dan pengalamannya
7. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh oleh terhentinya pemegang saham, direksi, maupun karyawan.

10.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi yang digunakan dalam Pabrik Triacetin ini adalah struktur organisasi garis dan staf dimana arus wewenang langsung dari wewenang tertinggi ke karyawan melalui beberapa pejabat pada bermacam - macam tingkat manajemen. Model organisasi garis dan staff digunakan dengan alasan sebagai berikut :

1. Terdapat pembagian yang jelas antara pimpinan, staf dan pelaksana.
2. Bakat – bakat yang berbeda dari para karyawan dapat dikembangkan menjadi suatu spesialis.
3. Sistem penempatan "*The Right Man in The Right Place*" lebih mudah dilaksanakan.
4. Pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan cepat walaupun banyak orang yang diajak berunding karena pimpinan perusahaan dapat mengambil keputusan yang mengikat.

5. Pengambilan keputusan yang sehat lebih mudah dicapai karena ada anggota – anggota staff yang ahli dalam bidangnya yang dapat memberikan nasehat dan mengerjakan perencanaan yang teliti.
6. Koordinasi dapat pula dengan mudah dikerjakan karena sudah ada pembagian tugas masing – masing.
7. Disiplin, kinerja dan moral karyawan tinggi karena tugas yang dilaksanakan oleh seseorang sesuai dengan bakat, keahlian dan pengalamannya.



Gambar 10.1 Struktur Organisasi

10.4 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

Tugas dan tanggung jawab masing-masing bagian dengan memperhatikan struktur organisasi garis dan staff, seperti yang terlihat pada **Gambar 10.1** adalah sebagai berikut :

1. Pemegang Saham

Pemegang saham adalah sekelompok orang yang ikut dalam pengumpulan modal untuk mendirikan pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan yang besarnya bergantung dari prosentase kepemilikan saham. Kekayaan pribadi pemilik saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang-hutang perusahaan. Penanam saham wajib menanam modalnya paling sedikit 1 tahun. Rapat umum pemegang saham (RUPS) adalah rapat dari pemegang saham yang memiliki kekuasaan tertinggi dalam pengambilan keputusan untuk kepentingan perusahaan. RUPS biasanya dilakukan paling sedikit sekali dalam setahun, atau selambat – lambat nya enam bulan sejak tahun buku yang bersangkutan berjalan (neraca telah aktif).

Tugas dan wewenang pemegang saham, antara lain :

1. Memilih dan memberhentikan komisaris.
 2. Meminta pertanggung jawaban kepada Dewan Komisaris.
- ## 2. Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan badan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan yang bertindak sebagai wakil pemegang saham yang diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu dalam RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham) apabila melakukan tindakan yang bertentangan dengan anggaran dasar perseroan tersebut.

Tugas dan wewenang dewan komisaris, antara lain :

1. Bertanggung jawab terhadap pabrik secara umum dan memberikan laporan pertanggung jawaban kepada para pemegang saham dalam RUPS.
2. Menerima pertanggung jawaban dari Direksi.
3. Melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) dan Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP).
4. Memantau efektivitas penerapan *Good Corporate Governance* dan melaporkannya kepada RUPS.

5. Menginformasikan kepemilikan sahamnya pada perusahaan untuk dicantumkan dalam laporan tahunan perusahaan.
6. Mengawasi Direksi dalam menjalankan kegiatan perusahaan serta memberikan nasihat kepada Direksi.
7. Mengusulkan auditor eksternal untuk disahkan dalam RUPS dan memantau pelaksanaan penugasan auditor eksternal.
8. Menyusun pembagian tugas masing - masing anggota Dewan Komisaris sesuai dengan keahlian dan pengalaman.
9. Mengkaji sistem manajemen.

3. Direktur Utama

Posisi direktur utama merupakan pemimpin tertinggi perusahaan secara langsung dan penanggung jawab utama dalam secara keseluruhan selama perusahaan berdiri. Direktur utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris dan membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan. Tugas dan wewenang direktur utama, antara lain :

1. Menetapkan strategi perusahaan, membuat perencanaan kerja dan menginstruksikan cara - cara pelaksanaannya kepada manager.
2. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan atau target perusahaan yang telah direncanakan.
3. Mengadakan koordinasi yang tepat pada seluruh bagian organisasi.
4. Memberikan instruksi resmi kepada bawahannya untuk melaksanakan tugas masing - masing.
5. Mempertanggung jawabkan kepada dewan komisaris semua anggaran pembelanjaan dan pendapatan perusahaan.

4. Staf Ahli

Direksi dibantu oleh beberapa staf ahli yang bertanggung jawab langsung kepada Direktur. Staf ahli ini bersifat sebagai konsultan yang diminta pertimbangannya apabila perusahaan mengalami suatu masalah. Staf ahli tersebut antara lain : Ahli Teknik, Ahli Proses, Ahli Ekonomi dan Marketing, Ahli Hukum.

5. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab kepada Direktur utama dalam hal memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan produksi dan operasi, pemeliharaan peralatan, pengadaan, laboratorium, pengembangan, dan teknik.

Tugas dan wewenang direktur teknik dan produksi, antara lain :

1. Pengawasan dan peningkatan mutu produksi.
2. Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.
3. Pengawasan peralatan pabrik.
4. Perbaikan pemeliharaan alat – alat produksi.

6. Direktur Keuangan

Direktur teknik dan produksi bertanggung jawab kepada Direktur utama dalam permasalahan yang berhubungan dengan personalia, administrasi, keuangan, pemasaran, keamanan, humas, dan keselamatan kerja (K3).

Tugas dan wewenang direktur keuangan, antara lain :

1. Laba rugi perusahaan.
2. Neraca keuangan.
3. Administrasi perusahaan.
4. Perencanaan pemasaran dan penjualan.

7. Kepala Bagian

Secara umum tugas kepala bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis - garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian terdiri dari:

1. Kepala Bagian Teknik

Mengusahakan dan menjaga kelancaran operasi disegala bidang produksi seperti pemeliharaan, perbaikan, penampungan bahan baku (utilitas). Kepala bagian teknik membawahi :

- Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan

Menjamin keadaan peralatan/mesin – mesin yang ada dalam pabrik selalu dalam keadaan baik dan siap dipakai dengan pemeliharaan yang efisiensi dan efektif.

- Seksi Utilitas dan Pembangkit Tenaga

Menyediakan unsur penunjang proses dalam pabrik yaitu meliputi : air, listrik, steam, dan bahan bakar.

2. Kepala Bagian Produksi

Menyelenggarakan dan mengembangkan produksi dengan cara yang ekonomis dalam batas kualitas yang direncanakan oleh perusahaan disamping secara periodik mengenalkan kualitas produk dan bahan baku.

Kepala bagian produksi membawahi :

- Seleksi Riset dan Pengembangan

Mengadakan pemeriksaan dan menetapkan acceptabilitas bahan baku, bahan pembantu maupun produk, selain itu juga dapat melakukan penelitian guna keperluan pengembangan bila diperlukan.

- Seksi Produksi dan Proses

Melakukan pembantu produksi sesuai dengan ketentuan yang direncanakan dan mengadakan kegiatan agar proses produksi berlangsung secara baik, mulai dari bahan baku masuk hingga produk.

3. Kepala Bagian Umum

Melaksanakan dan mengatur segala sesuatu yang berkaitan dengan urusan personalia, secretariat perusahaan, dan securiti. Kepala bagian umum membawahi :

- Seksi Personalia dan Kesejahteraan

Mengembangkan dan menyelenggarakan kebijaksanaan dan program perusahaan dalam bentuk tenaga kerja yang baik dan memuaskan.

- Seksi Keamanan

Melaksanakan dan mengatur hal – hal yang berkaitan dengan keamanan perusahaan.

- Seksi Administrasi

Melaksanakan dan mengatur administrasi serta inventarisasi perusahaan.

4. Kepala Bagian Pemasaran

Melaksanakan dan mengatur arus barang produksi dari perusahaan kepada konsumen. Kepala bagian pemasaran membawahi :

- Seksi Pemasaran dan Penjualan

Melaksanakan dan mengatur penjualan produksi kepada konsumen. Disini direktur utama berperan untuk menentukan kebijaksanaan perusahaan.

- Seksi Gudang

Melaksanakan penyimpanan dan pengeluaran serta mengamankan bahan baku / bahan pembantu dan mengatur serta melaksanakan penyimpanan dan penerimaan serta pengiriman produksi ke konsumen.

5. Kepala Bagian Keuangan

Merencanakan, menyelenggarakan, dan mengevaluasi hasil operasi keuangan. Kepala bagian pemasaran membawahi :

- Seksi Anggaran

Mengadakan pembukuan dan mengadakan dana keuangan yang cukup dengan mendaya gunakan modal dan mengamankan fisik keuangan.

- Seksi Pembelian

Mengadakan pembelian dan persediaan dari semua peralatan beserta spare part dan semua bahan – bahan untuk keperluan produksi dengan memperhatikan mutu, harga dan jumlah yang tepat.

10.5 Sistem Kerja

Pabrik Triacetin ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam per hari, sisa harinya digunakan untuk pembersihan serta perbaikan dan perawatan peralatan proses produksi, atau yang dikenal dengan istilah *shut down*. Pengaturan jam kerja harus disesuaikan dengan peraturan pemerintah yaitu jumlah jam kerja untuk karyawan adalah 40 jam dalam satu minggu, yang dibedakan dalam dua bagian yaitu :

a. Karyawan Non-Shift

Karyawan Non-Shift adalah para karyawan yang tidak menangani proses produksi secara langsung. Termasuk karyawan Non-Shift yaitu direksi, staf ahli, kepala bagian, kepala seksi serta bawahan yang berada di kantor. Jam kerja karyawan non shift yaitu selama 8 jam per hari (total kerja 40 jam per minggu) sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pembagian jam kerja karyawan non shift sebagai berikut :

- Senin – Jumat : 08.00 – 16.00
- Sabut : 08.00 – 13.00

b. Karyawan Shift

Karyawan Shift adalah karyawan yang secara langsung menangani proses produksi pabrik yang berhubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi. Karyawan shift terdiri dari karyawan unit proses, utilitas, laboratorium, dan bagian - bagian yang harus selalu siaga untuk menjaga keselamatan serta keamanan pabrik. Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga shift, yaitu tiap shift bekerja selama 8 jam, meliputi:

- Shift 1 : 07.00 – 15.00
- Shift 2 : 15.00 – 23.00
- Shift 3 : 23.00 – 07.00

Karyawan shift terdiri atas 4 grup, dimana 3 grup bekerja dan 1 grup lainnya beristirahat, ini berlaku secara bergantian. Tiap regu mendapat giliran 6 hari kerja dan 1 hari libur tiap shift, dan masuk lagi untuk shift berikutnya. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan pemerintah, maka regu yang masuk tetap masuk dan dihitung lembur. Jadwal pembagian kerja (siklus) shift tersaji dalam **Tabel 10.1**.

Tabel 10.1 Jadwal Kerja Karyawan Shift

Regu	Tanggal									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P
II	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S
III	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M
IV	L	L	P	P	S	S	S	S	L	L
Regu	Tanggal									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	S	S	M	M	L	L	P	P	S	S
II	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M
III	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L
IV	P	P	S	S	S	S	L	L	P	P
Regu	Tanggal									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
I	M	M	L	L	P	P	S	S	M	M
II	L	L	P	P	S	S	M	M	L	L
III	P	P	S	S	M	M	L	L	P	P
IV	S	S	S	S	L	L	P	P	S	S

Keterangan :

P = Pagi S = Sore M = Malam L = Libur

c. Karyawan Borongan (*Outsourcing*)

Apabila dibutuhkan, maka perusahaan dapat menambah jumlah karyawan yang dikerjakan secara borongan selama kurun jangka waktu tertentu yang ditentukan menurut kebijaksanaan perusahaan.

10.6 Penggolongan dan Tingkat Pendidikan Karyawan

Penggolongan dan tingkat pendidikan karyawan berdasarkan tingkat kedudukan dalam struktur organisasi Pabrik Triacetin yaitu:

- Direktur Utama
- Direktur
- Kepala bagian
- Kepala seksi

- e. Staf divisi
- f. Operator

Sedangkan latar belakang pendidikan yang harus dimiliki oleh karyawan berdasarkan kedudukannya dan struktur organisasi pada Pabrik Triacetin, dapat diuraikan sebagai berikut:

- Direktur Utama : Magister Teknik Industri
- Direktur
 - Direktur Teknik dan Produksi : Magister Teknik Kimia
 - Direktur Keuangan : Magister Manajemen
- Kepala Bagian
 - Kabag. Teknik : Sarjana Teknik Mesin
 - Kabag. Produksi : Sarjana Teknik Kimia
 - Kabag. Pemasaran : Sarjana Manajemen
 - Kabag. Keuangan : Sarjana Ekonomi Akuntansi
 - Kabag. Umum : Sarjana Psikologi Industri
- Kepala Seksi
 - Seksi Pemeliharaan & Pebaikan : Sarjana Teknik Mesin
 - Seksi Utilitas & Energi : Sarjana Teknik Fisika
Sarjana Teknik Elektro
 - Seksi Litbang : Sarjana Teknik Kimia
 - Seksi Personalia & Humas : Sarjana Hukum, Sarjana Psikologi
 - Seksi Keamanan : SMA/SMK
 - Seksi Administrasi : Sarjana Administrasi
 - Seksi Pemasaran & Penjualan : Sarjana Ekonomi
 - Seksi Gudang : Sarjana Teknik Industri
 - Seksi Anggaran : Sarjana Ekonomi
 - Seksi Pembelian : Sarjana Ekonomi,
 - Karyawan : Sarjana, Diploma, SMU/SMK/SLTP
 - Dokter : Pendidikan Dokter
 - Perawat : Akademi Keperawatan
 - Petugas Kebersihan : SMU/SMK/SLTP
 - Sopir : SMU/SMK/SLTP

10.7 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah yang dibutuhkan untuk terselenggaranya seluruh kegiatan Pabrik Triacetin, dapat diuraikan sebagai berikut :

Proses utama:

- Unit Reaksi
- Unit Pemisahan
- Unit Pemurnian

Sehingga jumlah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 3 tahap.

Kapasitas produksi = 44.000 ton/th

= 133,333 ton/hari,

M = $15,2 \text{ p}^{0,25}$ (Berdasarkan vilbrant, fig. 6.35, hal. 235)

M = 48 orang.jam/hari.tahapan proses.

Karena jumlah proses keseluruhan terbagi dalam 3 tahap, maka :

Karyawan proses = 48 orang.jam/hari.tahap x 3 tahap

= 192 orang.jam/hari

Karena satu hari terdapat 3 shift kerja dan 8 jam kerja/hari, maka :

Karyawan Proses = (192 orang.jam/hari) / (3 shift/hari) / (8 jam/hari)

= 8 orang/shift

Karena karyawan shift terdiri atas 4 regu, maka jumlah karyawan proses

keseluruhan = 5 orang/shift × 1 shift/regu x 4 regu/hari

= 20 orang/hari

Perincian kebutuhan tenaga kerja dapat dilihat pada **Tabel 10.2**.

Tabel 10.2 Kebutuhan Tenaga Kerja Pabrik Triacetin

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Komersil	1
3	Direktur Teknik dan Produksi	1
4	Direktur SDM dan Umum	2
5	Staff Ahli	4
6	Litbang	1
7	Kepala Bagian Produksi	1
8	Kepala Bagian Teknik	1

No	Jabatan	Jumlah
9	Kepala Bagian SDM	1
10	Kepala Bagian Umum	1
11	Kepala Bagian Keuangan	1
12	Kepala Bagian Pemasaran	1
13	Kepala Bagian Proses	4
14	Kepala Seksi Laboratorium	1
15	Kepala Seksi K3 dan Lingkungan	1
16	Kepala Seksi Pemeliharaan	1
17	Kepala Seksi Utilitas	1
18	Kepala Seksi Administrasi	1
19	Kepala Seksi Akutansi	1
20	Kepala Seksi Pembelian	1
21	Kepala Seksi Pemasaran	1
22	Kepala Seksi Personalia	1
23	Kepala Seksi Diklat	1
24	Kepala Seksi Humas	1
25	Kepala Seksi Pelayanan Umum	1
26	Sekretaris	3
27	Karyawan Bagian Proses	192
28	Karyawan Laboratorium	10
29	Karyawan K3 dan Lingkungan	7
30	Karyawan Pemeliharaan	7
31	Karyawan Utilitas	12
32	Karyawan Administrasi	4
33	Karyawan Akutansi	4
34	Karyawan Pembelian	8
35	Karyawan Pemasaran	10
36	Karyawan Personalia	4
37	Karyawan Diklat	4
38	Karyawan Humas	4
39	Karyawan Pelayanan Umum	4
40	Karyawan Kebersihan	15
41	Karyawan Bagian Gudang	5
42	Karyawan Packing	10
43	Dokter	3
44	Perawat	3
45	Sopir	5
46	Satpam	12
Total		358

10.8 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Salah satu faktor dalam meningkatkan efektivitas kerja pada perusahaan adalah kesejahteraan pada karyawan. Kesejahteraan sosial yang diberikan oleh perusahaan kepada karyawan antara lain berupa:

1. Tunjangan

Tunjangan berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang karyawan.

Tunjangan lembur yang diberikan karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja lemburnya.

2. Pemberian Cuti

Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja selama 1 tahun.

Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter.

3. Pakaian kerja

Pakaian kerja diberikan pada setiap karyawan sejumlah 3 pasang untuk setiap tahunnya.

4. Pengobatan

Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja, ditanggung oleh perusahaan sesuai dengan undang-undang yang berlaku.

Biaya pengobatan bagi karyawan yang menderita sakit tidak disebabkan oleh kecelakaan kerja, diatur berdasarkan kebijaksanaan perusahaan.

5. Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (BPJSTK)

BPJSTK diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang atau gaji karyawan Rp. 2.000.000/bulan.

6. Fasilitas peribadahan

Perusahaan menyediakan tempat ibadah berupa mushola di sekitar pabrik.

7. Fasilitas kantin

Kantin disediakan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi karyawan.

8. Peralatan keamanan

Untuk menjaga keselamatan kerja karyawan di pabrik, diberikan peralatan keselamatan (*safety*) berupa *safety helmet*, *safety shoes*, masker, dan alat penunjang keamanan lainnya.

10.9 Keselamatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan bagian dari kelangsungan produksi pabrik, oleh karena itu aspek ini harus diperhatikan secara serius dan terpadu. Untuk maksud tersebut perlu diperhatikan cara pengendalian keselamatan kerja dan keamanan pabrik pada saat perancangan dan saat pabrik beroperasi. Salah satu faktor yang penting sebagai usaha menjamin keselamatan kerja adalah dengan menumbuhkan dan meningkatkan kesadaran karyawan akan pentingnya usaha untuk menjamin keselamatan kerja. Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja berdasarkan :

1. UU No. 1/1970

Menangani keselamatan kerja karyawan yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

2. UU No. 2/1951

Mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja yang dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

3. PP No. 4/1982

Mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

4. PP No. 29/1986

Mengenai ketentuan AMDAL yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

BAB XI

EVALUASI EKONOMI

Pendirian pabrik perlu pertimbangan beberapa faktor, salah satunya analisa ekonomi analisa ekonomi perlu dilakukan sebagai evaluasi apakah pabrik yang akan didirikan layak atau tidak untuk didirikan. Adapun hal-hal yang perlu ditafsirkan terlebih dahulu sebelum melakukan analisa ekonomi, yaitu :

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*) yang terdiri dari
 - a. Modal tetap (FCI : *Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (WCI : *Work Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi (TPC : *Total Production Cost*) yang terdiri dari
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya plant overhead (*Plant Overhead Cost*)
 - c. Biaya pengeluaran umum (*General Cost*)
3. Analisa profitabilitas
 - a. Laju pengembalian modal (ROR : *Rate of Return*)
 - b. Waktu pengembalian modal minimum (POT : *Pay Out Time*)
 - c. Titik Impas (BEP : *Break Event Point*)
 - d. Pengembalian investasi (IRR : *Return of Investment*)

11.1 Penentuan Modal Industri (*Total Capital Investment*, TCI)

11.1.1 Biaya Langsung/*Direct Cost*

Tabel 11.1 *Total Direct Cost*

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp.)
1	Pengadaan alat	14.336.489.963
2	Instrumentasi dan kontrol	5.161.136.387
3	Instalasi	6.738.150.283
4	Perpipaan	9.748.813.175
5	Pelistrikan	1.577.013.896
6	Tanah dan bangunan pabrik	2.580.568.193
7	<i>Yard improvement</i>	1.433.648.996
8	<i>Service Vacilities</i>	10.035.542.974
<i>Total Direct Cost</i>		51.611.363.869

11.1.2 Biaya Tidak Langsung/*Indirect Cost*

Tabel 11.2 *Total Indirect Cost*

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp.)
1	<i>Engineering and supervision</i>	17.031.750.077
2	<i>Construction expenses</i>	21.160.659.186
3	<i>Legal expenses</i>	2.064.454.555
4	Ongkos kontraktor	11.354.500.051
5	Biaya tak terduga	22.709.000.102
<i>Total Indirect Cost</i>		74.320.363.971

11.1.3 Fixed Capital Investment

Tabel 11.3 Fixed Capital Investment

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp.)
1	Total Direct Cost	51.611.363.869
2	Total Indirect Cost	74.320.363.971
Total FCI		125.931.727.839

11.1.4 Work Capital Investment (WCI)

$$\begin{aligned}\text{WCI} &= 20\% \text{ FCI} \\ &= 20\% \times \text{Rp } 125.931.727.839 \\ &= \text{Rp } 25.186.345.568\end{aligned}$$

Total Capital Investment (TCI)

$$\begin{aligned}\text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\ &= \text{Rp } 125.931.727.839 + \text{Rp } 25.186.345.568 \\ &= \text{Rp } 151.118.073.407\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}1 \text{ Modal tetap (FCI)} &= \text{Rp } 125.931.727.839 \\ 2 \text{ Modal kerja (WCI)} &= \text{Rp } 25.186.345.568 \\ 3 \text{ Total Investasi (TCI)} &= \text{Rp } 151.118.073.407\end{aligned}$$

Moda investasi dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

$$\begin{aligned}1. \text{ Modal sendiri (equity)} &= 60\% \times \text{TCI} \\ &= 60\% \times \text{Rp } 151.118.073.407 \\ &= \text{Rp } 90.670.844.044 \\ 2. \text{ Modal pinjaman (loan)} &= 40\% \times \text{TCI} \\ &= 40\% \times \text{Rp } 151.118.073.407 \\ &= \text{Rp } 60.447.229.363\end{aligned}$$

11.2 Penentuan Biaya Produksi (Total Production Cost , TPC)

11.2.1 Biaya Produksi Langsung/Direct Production Cost

Tabel 11.4 Direct Production Cost

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp.)
1	Bahan baku (1 tahun)	122.693.032.519
2	Tenaga kerja	27.840.000.000
3	Biaya pengawasan	6.960.000.000
4	Utilitas	34.050.158.044
5	Maintenance	12.593.172.784
6	Operating supplies	2.518.634.557
7	Laboratorium	5.568.000.000
8	Paten dan royalti	20.430.094.827
Total Direct Production		232.653.092.731

11.2.2 Biaya Tetap /Fixed Cost

Tabel 11.5 Fixed Cost

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp.)
1	Depresiasi Alat	12.593.172.784
2	Depresiasi bangunan	3.777.951.835
3	Pajak kekayaan	5.037.269.114
4	Asuransi	1.259.317.278
5	Bunga bank	15.111.807.341
Total Fixed Cost		37.779.518.352

11.2.3 Biaya Overhead Pabrik (POC)

$$\begin{aligned}\text{Biaya Overhead} &= 70\% \text{ TK} + \text{PP} \\ &= \text{Rp } 33.175.220.949\end{aligned}$$

11.2.4 Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses /GE)

Tabel 11.6 General Expenses (GE)

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp.)
1	Biaya administrasi	2.843.590.367
2	Biaya distribusi dan pemasaran	17.025.079.022
3	Biaya LITBANG	17.025.079.022
Total Biaya General Expenses		36.893.748.411

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}\text{TPC} &= \text{Rp } 340.501.580.443 \\ \text{DPC} &= \text{Rp } 232.653.092.731 \\ \text{FC} &= \text{Rp } 37.779.518.352 \\ \text{POC} &= \text{Rp } 33.175.220.949 \\ \text{GE} &= \text{Rp } 36.893.748.411 \\ \text{MC} &= \text{Rp } 233.912.410.009\end{aligned}$$

11.3 Analisa Profitabilitas

Analisa profitabilitas yang terdiri dari :

1. Analisa keuntungan/laba
2. Laju pengembalian modal (*Rate of Return* , ROR)
3. Laju investasi yang sehat (*Internal Rate of Return* , IRR)
4. Lama pengembalian modal (*Pay-Out Periode* , POT)
5. Titik impas (*Break Even Point* , BEP)

Sesuai dengan Undang-Undang Perpajakan Penghasilan tahun 1984 (UU no. 7/1983) dan Undang-Undang Ketentuan dan Tata Cara Perpajakan (UU no.6/1983) :

- 10% untuk laba sampai Rp. 50.000.000,-
- 15% untuk laba Rp. 50.000.000,- sampai Rp. 100.000.000,-

- 0%

Asumsi yang diambil adalah :

- Bunga kredit sebesar 15% per tahun
- Pengembalian pinjaman dalam waktu 10 tahun
- Umur pabrik 10 tahun
- Kapasitas produksi :
 - Tahun I : 60% produksi total
 - Tahun II : 80% produksi total
 - Tahun III : 100% produksi total

11.3.1 Laba Perusahaan

Laba Perusahaan, yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Total penjualan per tahun Rp 440.000.000.000 (kapasitas 100%)

Laba kotor = Harga jual - Biaya Produksi

= Rp 440.000.000.000 - Rp 340.501.580.443

= Rp 99.498.419.557

Pajak penghasilan = 25% × Laba kotor

= 25% × Rp 99.498.419.557

= Rp 24.874.604.889

Laba bersih = Laba kotor - Pajak penghasilan

= Rp 99.498.419.557 - Rp 24.874.604.889

= Rp 74.623.814.668

11.3.2 Laju Pengembalian Modal (ROR)

ROR adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk pengembalian modal.

$$\text{ROR} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{TCI}} \times 100\%$$

ROR = 49%

11.3.3 Laju Pengembalian Modal/Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return berdasarkan *discounted cash flow* adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Cara yang dilakukan adalah trial I , yaitu laju

Tabel 11.7 Internal Rate of Return (IRR)

Tahun	I	
	Cash Flow (CA)	0,665698047
		NPV 1
		Actual Flow / (1+i) ⁿ
1	Rp 17.279.973.390	Rp 10.374.013.118
2	Rp 57.867.175.813	Rp 20.856.418.574
3	Rp 126.975.180.801	Rp 27.474.513.459
4	Rp 197.443.248.451	Rp 25.648.217.126
5	Rp 269.271.378.761	Rp 20.999.493.094

6	Rp	342.459.571.732	Rp	16.033.622.346
7	Rp	417.007.827.363	Rp	11.721.151.279
8	Rp	492.916.145.655	Rp	8.317.691.943
9	Rp	570.184.526.608	Rp	5.776.289.332
10	Rp	644.279.428.019	Rp	3.918.424.644
Total	Rp	3.135.684.456.592	Rp	151.119.834.915
TCI =			Rp	151.118.073.407
IRR = Sig.NPV-TCI			Rp	1.761.507,76
IRR =			0,6657	

Berdasarkan **Tabel 4.7** *Internal Rate of Return* (IRR) diperoleh nilai IRR 66,57%

11.3.4 Lama Pengembalian Modal/*Pay Out Time* (POT)

Tabel 11.8 *Pay Out Time* (POT)

Tahun	I		0,08	
	<i>Cash Flow</i> (CA)		NPV 1	
			<i>Actual Flow</i> / (1+i) ⁿ	
1	Rp	17.279.973.390	Rp	15.026.063.817
2	Rp	40.587.202.423	Rp	30.689.756.085
3	Rp	69.108.004.989	Rp	45.439.635.071
4	Rp	70.468.067.649	Rp	40.290.346.389
5	Rp	71.828.130.310	Rp	35.711.275.330
6	Rp	73.188.192.971	Rp	31.641.275.516
7	Rp	74.548.255.631	Rp	28.025.450.553
8	Rp	75.908.318.292	Rp	24.814.563.899
9	Rp	77.268.380.953	Rp	21.964.496.344
10	Rp	74.094.901.411	Rp	18.315.126.430
Total	Rp	644.279.428.019	Rp	291.917.989.436
Tahun	I			
	ACC NPOV			
	Ac. Flow awal+akhir			
1	Rp	15.026.063.817		
2	Rp	45.715.819.903		
3	Rp	91.155.454.974		
4	Rp	131.445.801.363		
5	Rp	167.157.076.693		
6	Rp	198.798.352.209		
7	Rp	226.823.802.763		
8	Rp	251.638.366.662		
9	Rp	273.602.863.006		
10	Rp	291.917.989.436		
Total	Rp	1.693.281.590.825		

Dari hasil perhitungan di **Tabel 11.8** diperoleh POT 4,49 tahun.

Nilai tersebut menunjukkan lamanya pabrik dapat mengembalikan modal produksi

81 Pra Rancangan Pabrik Triacetin dari Refined Gliserol dengan

Katalis Amberlyst 15 Kapasitas 44.000 Ton/Tahun

dimulai sejak pabrik beroperasi.

11.3.5 Titik Impas/*Break Event Point* (BEP)

Tabel 11.9 Biaya FC, VC, SVC, dan S

No.	Keterangan	Biaya (Rp.)
1.	Biaya Tetap (FC)	37.779.518.352
2.	Biaya Variabel (VC)	
	Bahan Baku pertahun	122.693.032.519
	Biaya Utilitas pertahun	34.050.158.044
	Total Biaya Variabel (VC)	156.743.190.563
3.	Biaya Semi Variabel (SVC)	
	Biaya Umum (GE)	36.893.748.411
	Biaya Overhead	33.175.220.949
	Plant supplies	2.518.634.557
	Biaya laboratorium dan kontrol	5.568.000.000
	Buruh pabrik langsung	27.840.000.000
	Pengawasan pabrik	6.960.000.000
	Patent dan Royalti	20.430.094.827
	Perawatan dan Pemeliharaan	12.593.172.784
	Total Biaya Semi Variabel (SVC)	145.978.871.527
4.	Total Penjualan (S)	440.000.000.000

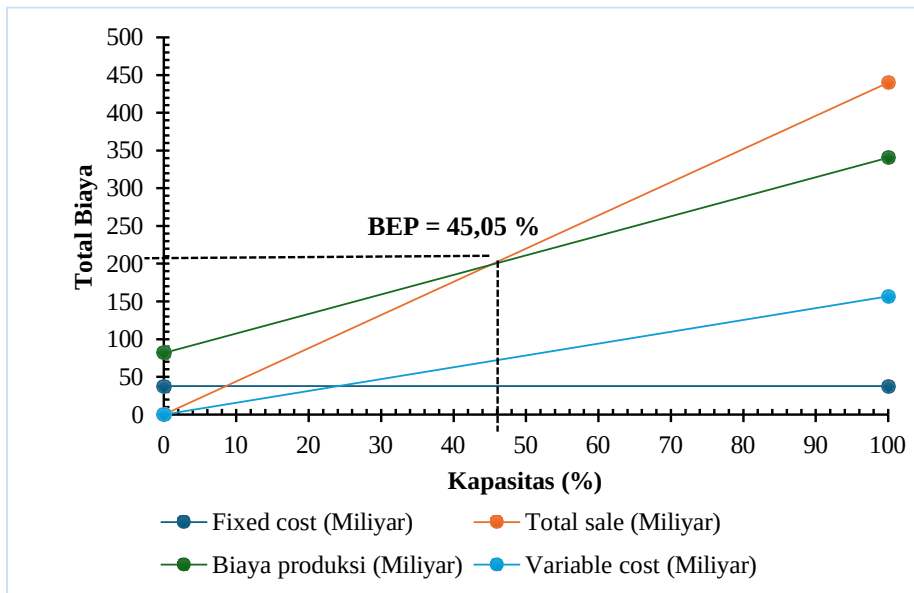
Jika menggunakan perhitungan maka BEP dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (5-3), (Kusnarjo, 2010)

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + (0,3 \text{ SVC})}{\text{S} - 0,7\text{SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= 45,05\%
 \end{aligned}$$

Jika menggunakan grafik maka BEP dapat dihitung berdasarkan grafik berikut:

Tabel 11.10 Grafik *Break Event Point* (BEP)

%kap.	Fixed cost (Miliar)	Total sale (Miliar)	Biaya produksi (Miliar)	Variable cost (Miliar)
0	38	0	82	0
100	38	440	341	157



Gambar 11.1 Grafik *Break Event Point* (BEP)

BAB XII

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan dan perhitungan yang telah dilakukan mengenai Pra Perancangan Pabrik Triacetin dari *Refined Glycerol* dengan Katalis *Amberlyst-15*, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Lokasi : Kawasan JIPE Gresik, Jawa Timur
2. Kapasitas Produksi : 44.000 ton / tahun.
3. Sistem Operasi : Kontinyu.
4. Lama Operasi : 330 hari / tahun.
5. Bahan Baku Utama : Gliserol dan Asam Asetat.
6. Analisa Ekonomi
 - FCI : Rp. 125.931.727.839
 - WCI : Rp. 25.186.345.568
 - TCI : Rp. 151.118.073.407
 - TPC : Rp. 340.502.388.661
 - Hasil penjualan per tahun : Rp. 440.000.000.000
 - IRR : 66,57 %
 - ROR : 49,38 %
 - POT : 4,49 tahun
 - BEP : 45,05 %
7. Sistem Organisasi Perusahaan ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) yang mempunyai struktur organisasi sistem line staff, yang berarti bahwa setiap kepala bagian atau manager bertanggung jawab atas segala aktivitas dan dalam melaksanakan tugasnya dibantu oleh masing-masing staff dan bawahan sesuai dengan garis organisasinya. Sedangkan untuk jadwal kerja dibagi menjadi tiga shift.
8. Jumlah seluruh karyawan di perusahaan ini sebanyak 358 orang.

Berdasarkan uraian di atas, baik ditinjau dari segi teknik maupun ekonomi, perencanaan Pabrik Triacetin dari *Refined Glycerol* dengan Katalis *Amberlyst-15* layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Awogbemi, Omojola. Dawood A. Desai. 2025. *Progress in the conversion of biodiesel-derived crude glycerol into biofuels and other bioproducts*. Bioresource Technology Reports. Volume 30, 102106. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102106>.
- Nuryoto, H., Sulisty, H., Suprihastuti, S., & Sutijan. *Studi kinetika reaksi esterifikasi gliserol dengan asam asetat menggunakan katalis resin penukar ion Indion 225 Na untuk produksi triacetin menunjukkan efektivitas proses terhadap nilai konversi gliserol*.
- Badan Pusat Statistik. 2025. *BPS Data Ekspor 2021 – 2025*. <https://bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik. 2025. *BPS Data Impor 2021 – 2025*. <https://bps.go.id>
- Badger, W.L. and Banchero, J.T., 1955, "Introduction to Chemical Engineering", Inted, McGraw-Hill Book Company Inc., N.Y.
- Bhandari, Ravi. 2025. *Indonesi Acetic Acid Market (2025-2031) Outlook; Analysis, Growth, Industry, Trends, Forecast, Value, Companies, Size, Revenue & Share*. 6WResearch. <https://www.6wresearch.com/industry-report/indonesia-acetic-acid-market-outlook?>.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1979, *Process Equipment Design*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Dos Santos, Heitor C. & Stutz, Beatriz E. & Young, André F., 2024. *Process simulation and economic evaluation of the industrial production of triacetin from glycerol: Comparing acetic acid and acetic anhydride as possible reagents*. Renewable Energy, Elsevier, vol. 237(PD). 10.1016/j.renene.2024.121943.
- Geankoplis, C.J., 1983, "Transport Process and Unit Operations", 3rd ed., Allyn and Bacon Inc., 7 Wells Avenue, Massachussets.
- Google inc, 2025, Google Maps: Peta Lokasi JIPE, Gresik, Jawa Timur, <http://maps.google.com/>, diakses pada tanggal 2 Januari 2026.
- Greene, Timothy. 2025. *Glycerine Prices Diverge Globally: Indonesia Surges, Europe Slides On Supply Shift*. Chemanalyst.news. <https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/glycerine-prices-diverge-globally-indonesia-surges-europe-slides-on-supply-shifts-35189?>
- Himmelblau, D.M. 1996. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*. Prentice Hall International. London
- Jonathan, Zee. 2025. *Indonesia To Relax Import Rules On Some Goods, Including Chemical, Textiles*. Independent Commodity Intelligence Service (ICIS).

<https://www.icis.com/explore/resources/news/2025/07/01/11115480/indonesia-to-relax-import-rules-on-some-goods-including-chemicals-textiles/>.

Kern, Donald. Q., 1965, "Process Heat Transfer", New York : Mc Graw-Hi Book Company.

Khairiati, Nur. Helwani, Zuchra. Khairat. 2016. *Pemanfaatan Gliserol Produk Samping Biodiesel Menjadi Triacetin Melalui Proses Esterifikasi Menggunakan Katalis Fly Ash*. Jom FTEKNIK Volume 3 No.1. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/viewFile/9632/9296>.

Kirk, K. E. and Othmer, D. F., 1997, Encyclopedia of Chemical Technology 4th Edition Volume 22 The Interscience Encyclopedia, John Wiley and Sons Inc, New York

Kurs.dollar. 2024.KursDollar. <http://kurs.dollar.web.id/> diakses 05 Mei 2025.

Ludwig, Ernest E., 1991, Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants, Volume I, 2nd Edition, Gulf Publishing Company Book Division, Houston

Malaika A, Daria M, Mieczysław K. 2023. Maximizing the selectivity to triacetin in glycerol acetylation through a plastic waste-derived carbon catalyst development and selection of a reaction unit. Fuel Volume 333, Part 1, 126271. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126271>.

Matche, 2022, Equipment Cost. <https://www.matche.com/> diakses pada tanggal 7 Januari 2026.

McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., 1993, "Unit Operation of Chemical Engineering", McGraw Hill Book, Co., United States of America.

Pei S, K. Mohamed K A. Wan M, A, W, D. Hwei V L. Patrick C. Yolande, P. 2016. *Catalytic role of solid acid catalysts in glycerol acetylation for the production of bio-additives: a review*. RSC Advance. RSC Adv., 2016,6, 68885-68905. <https://doi.org/10.1039/C6RA10686B>.

Perry, Robert H. dan Don W. Green. 2019. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 9th Edition. New York: McGraw-Hill Education

Perry, Robert H. dan Dow W. Green, 1950, Chemical Engineering HandBook 3rd Edition, McGraw-Hill, New York

Perry, Robert H. dan Dow W. Green. 1950. Chemical Engineering HandBook 7th Edition, McGraw-Hill, New York.

Perry, Robert H. dan Dow W. Green. 1950. Chemical Engineering HandBook 8th Edition, McGraw-Hill, New York.

Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, Plant Design and Economic for Chemical Engineering, 5 th ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.

Riyan. 2025. *Kemenperin Dorong Hilirisasi Petrokimia dan Gas untuk Pertumbuhan Ekonomi*. Politika. <https://www.politika.co.id/93/kemenperin-dorong-hilirisasi-petrokimia-dan-gas-untuk-pertumbuhan-ekonomi>.

Satriadi, Hantoro. 2015. *Kinetika Reaksi Esterifikasi Gliserol Dan Asam Asetat Menjadi Triacetin Menggunakan Katalis Asam Sulfat*. TEKNIK; Jurnal ilmiah bidang ilmu kerekayasaan. Vol 36 – no 2. DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.%25v.%25i.69-82>.

Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1987, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed., McGraw-Hill Book Co., New York.

Ulrichh, Karl T. and Stepen D. Eppinger, Product Design and Development, 2 Edition, McGraw-Hill Inc, New York.

Wardaningrum, Dwi Arimbi. Fauzie, Muhammad Iqbal. Susianto. dan Altway, Ali. 2020. *Pra Desain Pabrik Triacetin dari Produk Samping Produksi Biodiesel (Crude Glycerol)*. Jurnal Teknik ITS Vol. 9, No. 2, (2020) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print). <https://media.neliti.com/media/publications/511418-none-3fe88e41.pdf?>.

Yanti, Noor Ridha. Heryani ,Hesty. Putra, Meilana Dharma. Nugroho, Agung. 2019. *Triacetin Production From Glycerol Using Heterogeneous Catalysts Prepared From Peat Clay*. International Journal of Technology (IJTech) Vol 10, No 5. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i5.2685>.

Yaws, C.L. 1999. Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Handbooks. New York.

Zhou, Limin. Essam, AZ. Adesoji A, A. 2013. *Catalytic characteristics and parameters optimization of the glycerol acetylation over solid acid catalysts*. Fuel Volume 103, Pages 617-625. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.05.042>.